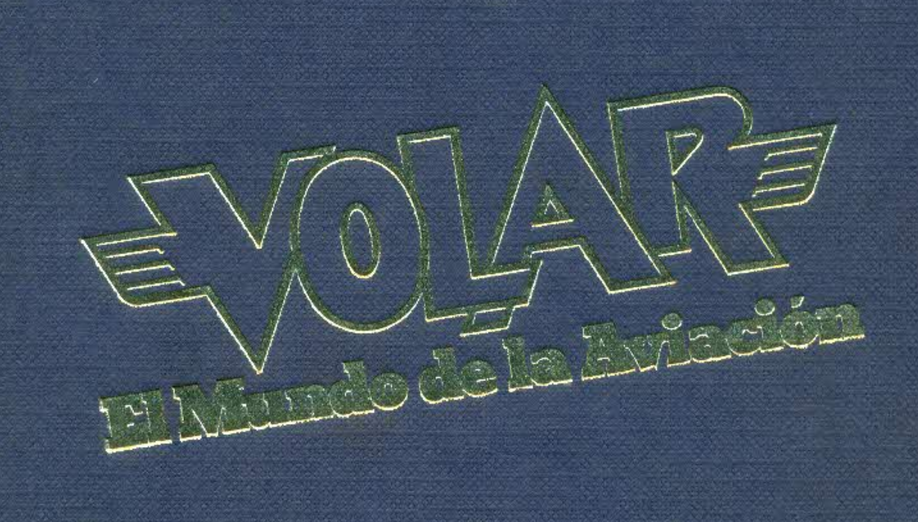
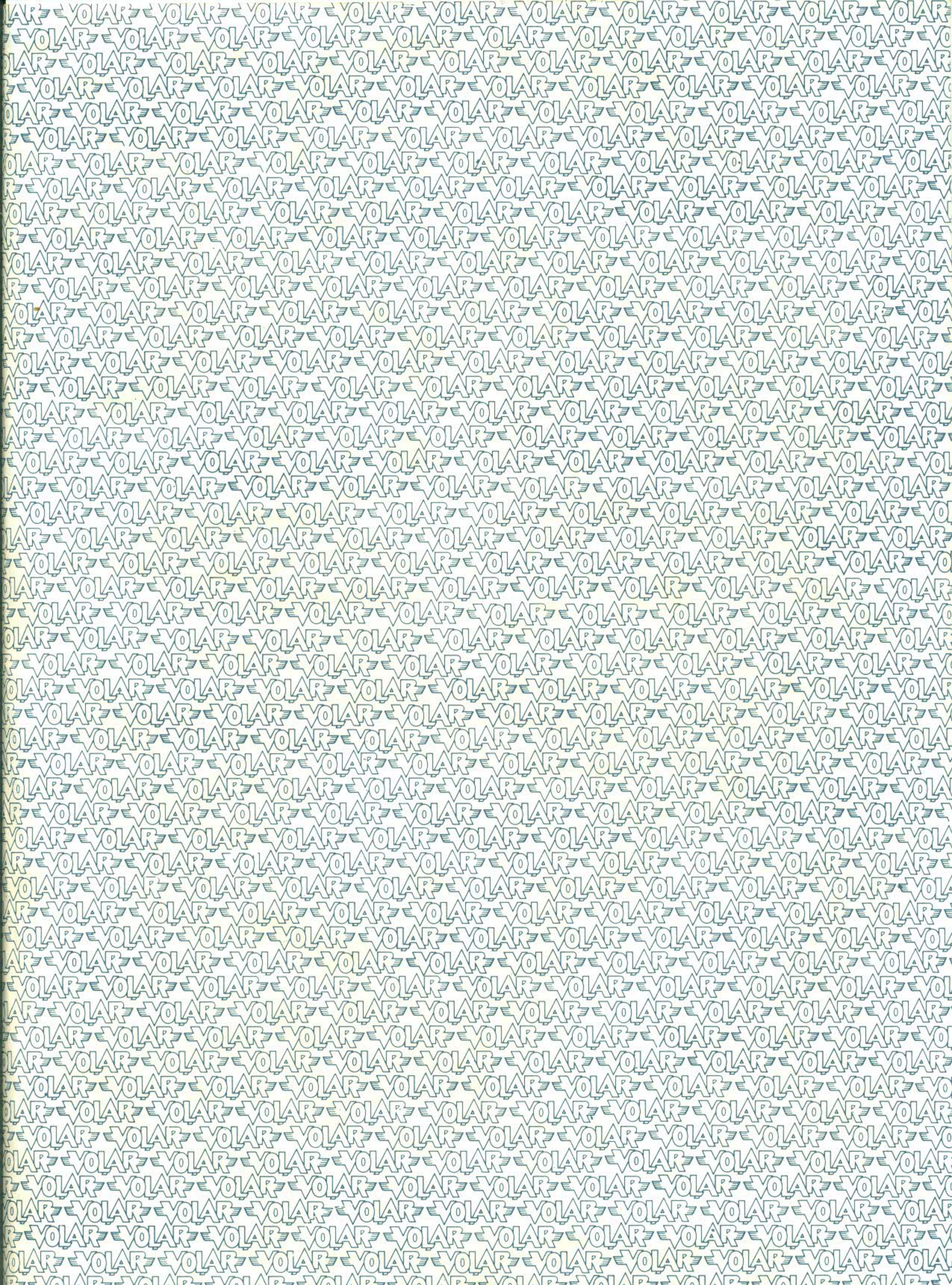
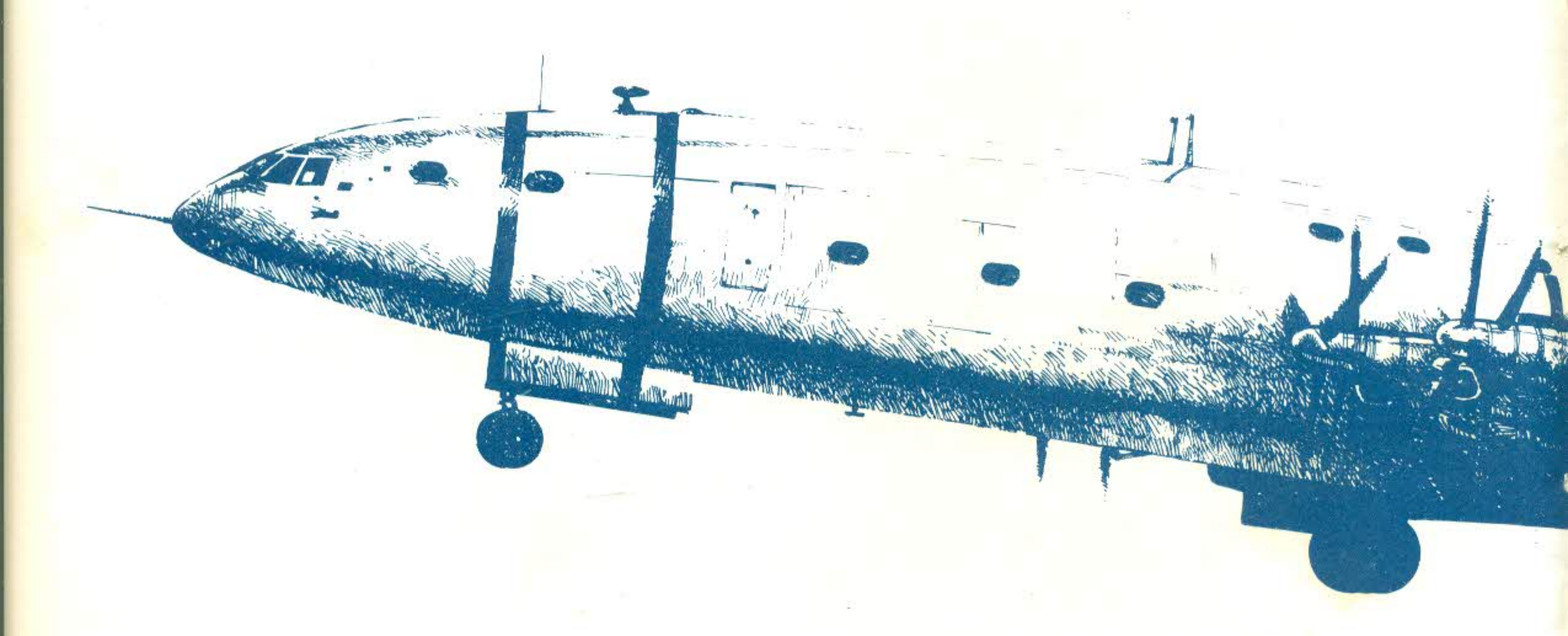

VOLAR
El Mundo de la Aviación


EGL
EDICIONES


VOLAR


VOLAR
El Mundo de la Aviación




EGC
EDICIONES


VOLAR
El Mundo de la Aviación

Editor: © EGC. S.A.
Hurtado, 29 - Barcelona, 22
Dirección Artística y Diseño:
Josep Barreda y Albert Vidal
Compaginación y Montaje:
Joan Bonet
Traducción:
Pablo y Gerardo Di Masso
Supervisión Técnica y Asesoramiento:
Salvador Rello Cuesta
Composición Tipográfica:
Demer S.A.
Fotocromos ARTIS S.A.
Impreso en los talleres gráficos de:
© CEDAG S.A. Las Planas 4
San Juan Despí - Barcelona- España
ISBN 84-85619-07-2 Fascículos
ISBN 84-85619-06-4 Obra completa
Depósito Legal B-42997 - 81
Impreso en España. Enero 1982
Distribuidor:
COEDIS, S.A. Valencia 245
Barcelona 7

INDICE TOMO 4 - EXPLORACIÓN ESPACIAL Y COHETES

EXPLORACION ESPACIAL Y COHETES

Cohetes y misiles guiados

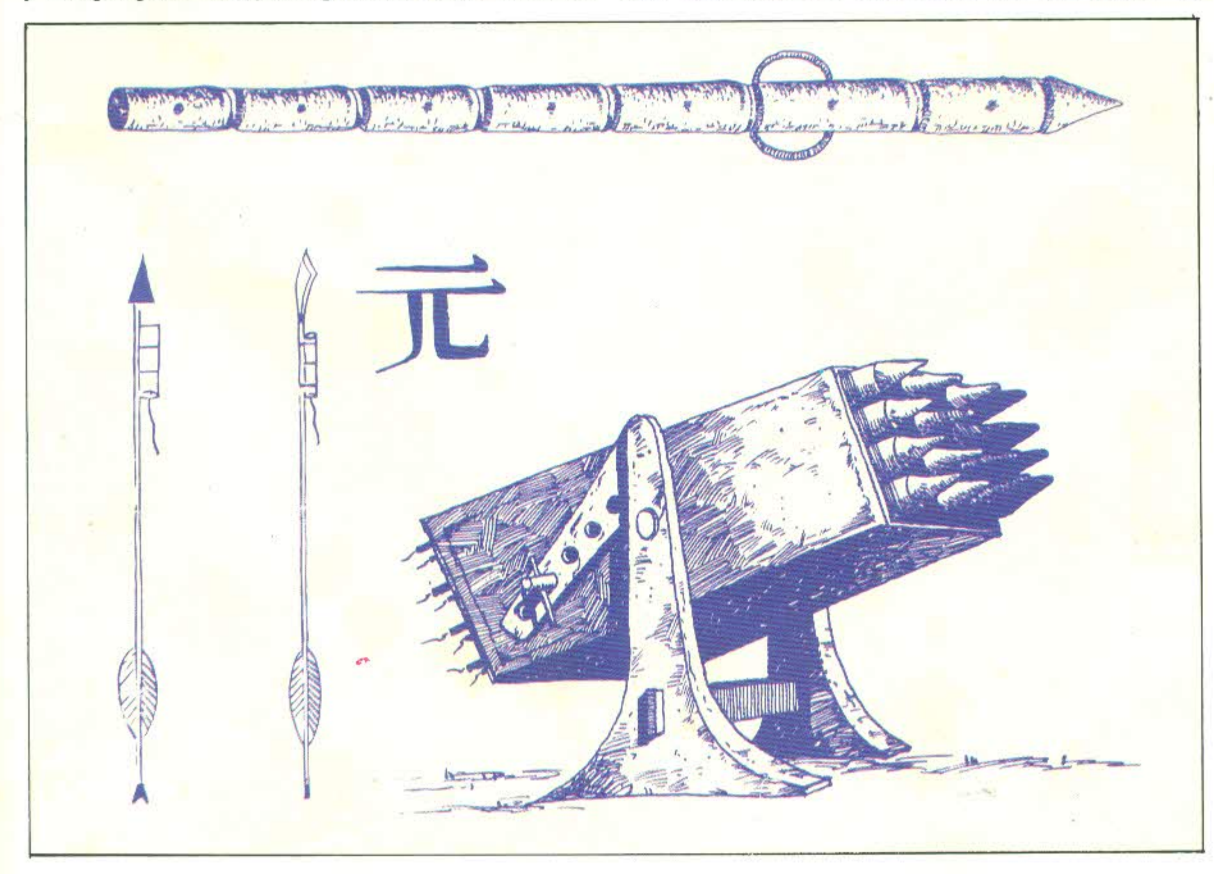
Se cree que fueron los chinos los primeros que utilizaron misiles que volaban propulsados por el efecto reactivo de sus gases calientes de escape. Las tropas mongolas que en 1232 sitiaban la ciudad de Kai-fung-fu, al norte del Río Amarillo, sufrieron el impacto de "flechas de fuego" que los habitantes de la ciudad les arrojaban en grandes cantidades. Se describió a estas flechas diciendo que producían un ruido similar al de los truenos y que viajaban a gran distancia, provocando fuego y destrucción ahí donde caían. En la literatura antigua no se hace mención alguna de flechas de fuego lanzadas desde un arco y es probable que los chinos tropezaran accidentalmente con el efecto reactivo de las flechas incendiarias (que estaban provistas de tubos con mezclas combustibles unidos al dardo) después de comprobar que volaban a mayor velocidad y a mayor distancia que las flechas convencionales.

Existen noticias de flechas incendiarias propulsadas por cohetes y que fueron utilizadas durante el sitio de Siang-yang-fu en 1271, y los propios mongoles parecen haber sido los responsables de su introducción en el Japón. Estas flechas incendiarias eran lanzadas desde naves mongoles durante la batalla de Tsu Shima en 1274 y fueron empleadas nuevamente durante el ataque terreste a Iki Shima.

Los siguientes cinco siglos fueron testigos de la utilización de los cohetes como fuegos artificiales y, en ocasiones, como armas. Puede seguirse la historia de tales ingenios —particularmente de los fuegos artificiales— partiendo de la China y, a través de la intervención mongola en Japón, hacia Corea, Java y la India.

La primera referencia a la pólvora se encuentra en los escritos de Marcos Graco, en el siglo VIII y en numerosos otros alquimistas arábigo-andaluces de siglos siguientes. Tales refinamientos condujeron, aproximadamente en 1300, a las primeras armas de fuego que utilizaban el principio de un tubo, cerrado en un extremo, desde el que se lanzaba un proyectil propulsado por la súbita ignición explosiva de la pólvora.

Durante mucho tiempo el cohete de guerra fue relativamente olvidado. No fue hasta las



Flecha de fuego china extraída del Compendio Completo de Clásicos militares, 1045. Este mismo tratado muestra vainas de bambú unidas a dardos y lanzas. Abajo se puede apreciar un lanzador múltiple de cohetes utilizado por los mongoles entre mediados y finales del siglo XIII.

Los cohetes Congreve de comienzos del siglo XIX. De derecha a izquierda pueden verse: proyectiles de 300, 100, 42, 32, 24 y 18 libras. Las anillas de metal llevaban insertas las varillas estabilizadoras de madera.



postrimerías del siglo XVIII, cuando las tropas británicas en la India sufrieron el ataque de cohetes enemigos en el curso de las dos batallas de Seringapatam en 1792 y 1799, que se dio un nuevo impulso para posteriores desarrollos en este nueva técnica bélica.

Los cohetes indios utilizados por las tropas de Haidar Ali, príncipe de Mysore, tenían tubos de hierro unidos por correas de cuero a una varilla de bambú que le servía de estabilizador. Pesaban entre 2,7 y 5,4 kgs. y surcaban el espacio hasta alcanzar una distancia de 915 metros. Los cohetes rebotaban y se deslizaban sobre la tierra y eran particularmente perjudiciales para la caballería británica.

Grabado extraido de "Details of the Rocket System" (1814) de Sir William Congreve, un panfleto sobre tipos de armas cohete y su empleo. Estos cohetes presentan varios formatos, desde el de 2,7 kg. (abajo) hasta el proyectil de 20 cm. de calibre, con una carga de más de 23 kg. de pólvora y un alcance efectivo de 2,3 km. El sistema tipo paraguas fue diseñado para ser lanzado por cohete y se preveía que llevase bengalas o bombas con espoleta de retardo.

Los cohetes de Congreve

Fue precisamente este encuentro desagradable con los cohetes en la India lo que llevó a iniciar en Inglaterra un trabajo más serio en este aspecto a través de los esfuerzos del Coronel William (más tarde Sir William) Congreve, quien comenzó su labor con el propósito de duplicar el alcance de los cohetes indios. Su proyectil de 14,5 kgs. estaba revestido de hierro con una cubierta cónica, medía 107 centímetros de largo y tenía un diámetro de 10 centímetros. Contenía 3,17 kgs. de carga explosiva. Su varilla estabilizadora de 4,57 metros era desmontable. Se introducía en bandas de metal en la cabeza del cohete.

Bajo la dirección de Congreve comenzaron en el Royal Laboratory de Woolwich los experimentos para desarrollar cohetes incendiarios para usarlos contra las tropas francesas durante las guerras napoleónicas. La primera intervención de estos nuevos ingenios tuvo lugar en 1806 cuando cerca de 2.000 cohetes Congreve fueron disparados contra la ciudad de Boulogne. Fueron lanzados desde dieciocho embarcaciones que habían sido silenciosamente botadas desde barcos nodrizas y llevadas a remo hasta la bahía.

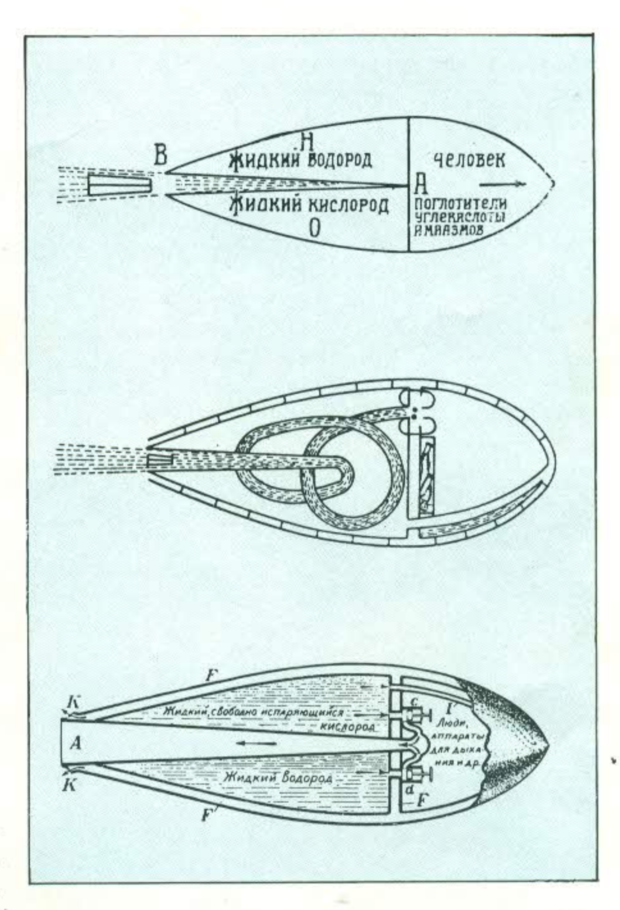
Al año siguiente se produjo un ataque aún más espectacular sobre Copenhague y que dejó en llamas la mayor parte de la ciudad. Los cohetes Congreve entraron en acción nuevamente en 1813 en la batalla de Leipzig y más tarde, ese mismo año, Danzig sucumbió después de haber sufrido varios ataques con cohetes.

Durante la guerra de 1812 entre Gran Bretaña y los Estados Unidos, los cohetes Congreve repelieron el ataque de las tropas americanas en la batalla de Bladensburg (1814) y se

mostraron enormemente efectivos contra la infantería, la caballería y las fuerzas navales enemigas. La visión de los cohetes que bombardeaban Fort MacHenry inspiró a Francis Scott Key a escribir "The Star Spangled Banner" (La Bandera de estrellas rutilantes), que más tarde se convertiría en el himno nacional americano. Las cabezas de guerra eran de dos tipos, las que lanzaban balas de carabina con efecto de metralla, y las que llevaban una mezcla incendiaria. Hacia el final de su explosiva carrera se había producido toda una familia de cohetes Congreve, desde los proyectiles de 8.2, 10.9, 14.5 y 19 kgs. hasta las "bombas de demolición" de 45.4 y 136.2 kgs. Los cohetes eran designados como "de ... libras" (haciendo referencia al número de libras que pesaba el proyectil que encajaba en el diámetro interno del cohete).

A pesar de que Congreve realizó considerables progresos en la construcción de los cohetes, estos eran todavía relativamente ineficaces y carecían de precisión. Uno de sus principales defectos era la larga varilla estabilizadora que, inevitablemente, formaba parte del peso muerto total del cohete.

William Hale, otro súbdito británico, eliminó la varilla estabilizadora colocando deflectores de escape para proporcionar un efecto rotatorio al cohete. Estos cohetes con estabiliza-



Konstantin Tsiolkovsky (1857-1935) fue el "padre" de la cosmonáutica soviética. Su dominio de los principios fundamentales de la cohetería le llevó a formular notables profecías técnicas. Arriba: diseño de un cohete (1903) concibiendo la utilización de oxígeno líquido (O) e hidrógeno líquido (H), la combinación de alta energía que llevó al hombre a la luna. Centro: un proyecto de 1914 empleando una mezcla combustible de oxígeno gaseoso e hidrógeno líquido. En la cabina, un hombre yace en posición supina para soportar las aceleraciones del despegue. Abajo: un refinado concepto ideado para un viaje interplanetario, 1935.

Abajo: Dibujo extraido del Illustrated London News del 11 de julio de 1868 y donde se describe a la British Naval Rocket Brigade (Brigada naval de cohetería británica) disparando cohetes Hale durante la guerra abisinia de aquel año. Estos cohetes eran versiones mejoradas de los primeros producidos por Hale, pero el ruido y la confusión que provocaban eran, a menudo, más efectivos que su efecto explosivo.

Ejemplos de cohetes de guerra Hale. Izquierda: proyectil de 24 pulgadas sin cola; centro: pieza de cola para el mismo. Abajo derecha: un Hale de 10, diseño de 1844. Arriba: un Hale de 24 de 1862-65.

ción rotativa fueron utilizados en numerosas campañas, principalmente por el cuerpo de cohetes austríaco y por las fuerzas coloniales holandesas.

En los Estados Unidos se fabricaron aproximadamente 2.000 de estos cohetes para ser empleados en la guerra con Méjico. En el Manual de Ordenanzas de los Estados Unidos de 1862, al cohete Hale de 7,26 kgs. se le reconocía un alcance de 2 kms.

Hacia el final de su dilatada carrera, Congreve construyó también cohetes giro-estabilizados. Al finalizar el siglo, sin embargo, los cohetes de pólvora negra comenzaban a ser desplazados por nuevos alcances en el terreno de la artillería.



Miembros del Royal Artillery realizando prácticas de lanzamiento de cohetes en 1845. Pese a que estos ingenios sufrían de bastante imprecisión, los cohetes del siglo XIX fueron empleados con efectos devastadores contra buques de madera y edificaciones.

Los pioneros del cohete

Los siguientes avances significativos fueron más de naturaleza teórica. En 1881 un experto en explosivos ruso, Nikolai Ivanovich Kilbalchich, fue arrestado y condenado a muerte por su participación en un complot para asesinar al Zar Alejandro II. Mientras aguardaba el día de su ejecución, Kilbalchich realizó un diseño de una plataforma para el transporte de hombres propulsada por cartuchos de pólvora que alimentaban de forma continua la cámara de un cohete. La cámara, montada sobre un armazón cardánico, podía girar sobre su eje para cambiar el curso de vuelo de la plataforma a medida que se elevaba por el aire.

Los bocetos de Kilbalchich no fueron descubiertos hasta después de la revolución rusa de 1917. Entretanto, un genio ruso de humilde cuna –Konstantin Tsiolkovsky– había avanzado decisivamente en la evolución de la teoría de los cohetes. Hacia 1883 estaba convencido de que un cohete podía funcionar en el espacio vacío merced al efecto de reacción de sus gases de escape. En 1903 publicó su primer tratado sobre viajes espaciales en el que abogaba por la utilización de propelentes líquidos.

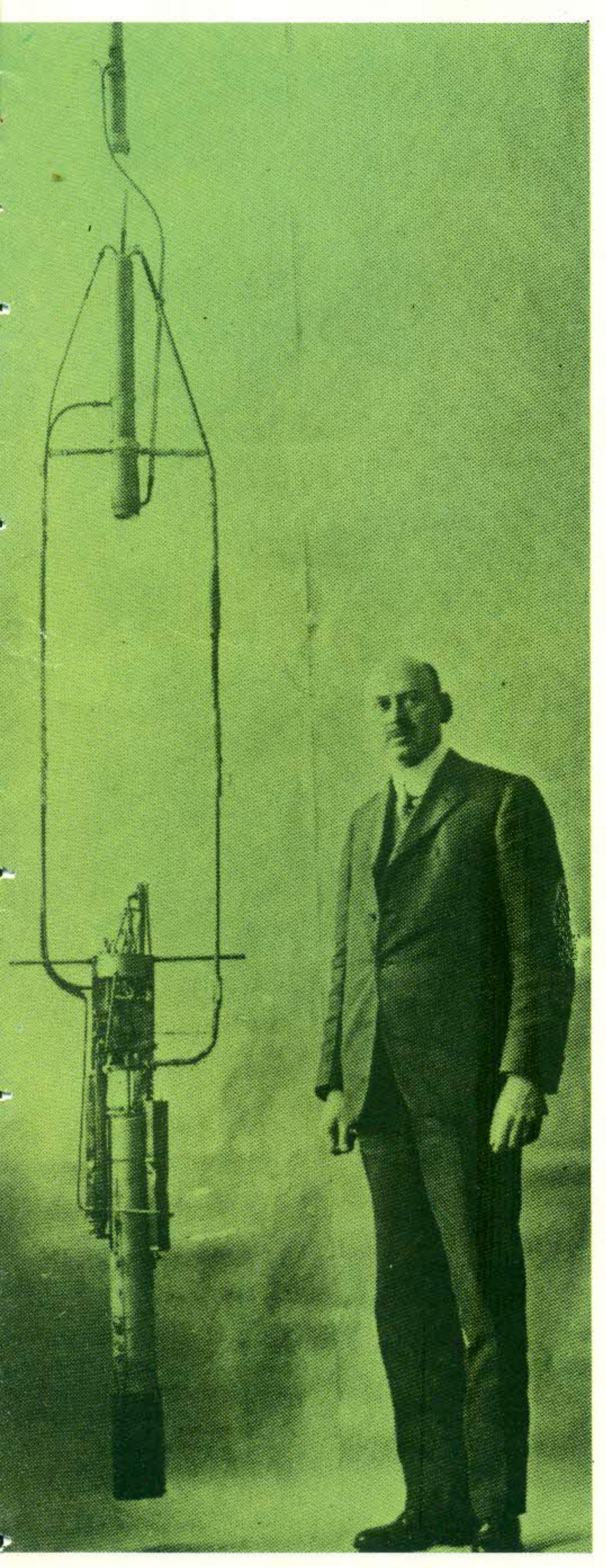
Durante los primeros años del siglo XX, Tsiolkovsky llenó sus cuadernos de apuntes con avanzadas ideas relativas a los cohetes y a la aritmética del viaje espacial. Consideraba una amplia gama de propelentes líquidos que incluían oxígeno líquido e hidrógeno líquido, oxígeno líquido y gasolina oqueroseno. Recomendaba controlar el empuje mediante la regulación del flujo de los líquidos mediante válvulas y proponía refrigerar la cámara de combustión en la que estos líquidos se quemaban haciendo pasar a uno de ellos a través de una doble pared o camisa.

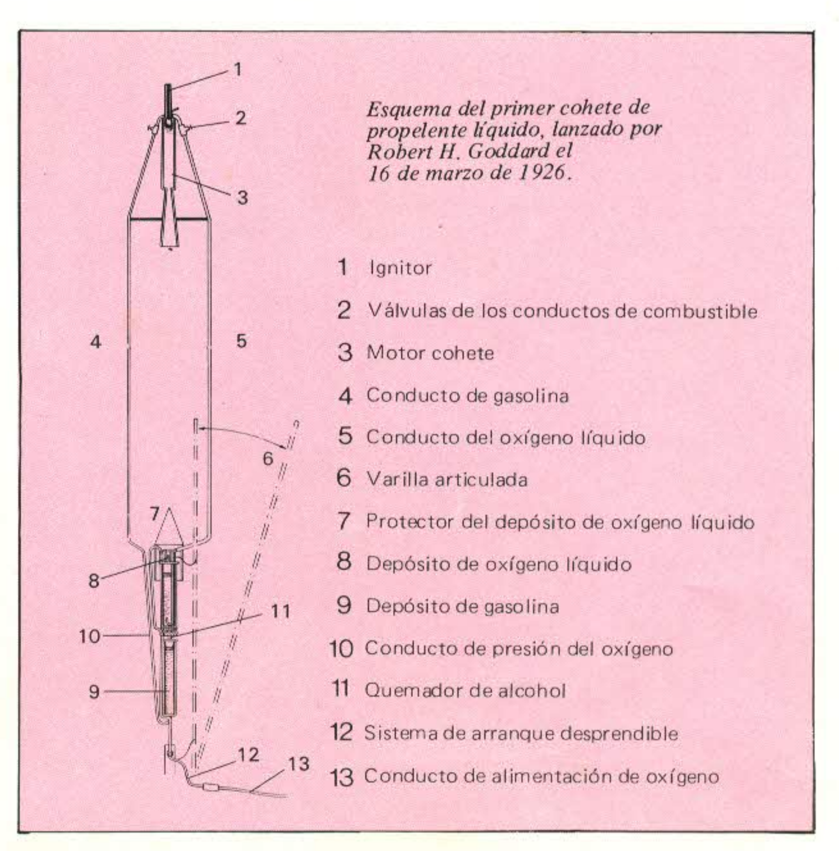
Proponía también estabilizar los cohetes mediante el efecto giroscópico de un volante giratorio y controlar su vuelo fuera de la atmósfera por medio de timones de dirección, que actuaban en el escape del cohete, haciendo girar el morro. En este proyecto, el sabio ruso estaba anticipando el mando por empuje vectorial, por el que un cohete es guiado cambiando la dirección de sus toberas de escape. En los cohetes modernos esta maniobra se realiza por el movimiento de aletas en los gases de escape, haciendo girar el morro del cohete o bien inyectando fluido en una tobera fija en un costado.

Tsiolkovsky también llamó la atención sobre el valor potencial de los cohetes construidos según el principio del "paso". El primer

paso, o etapa, propulsaría a las últimas etapas hasta que sus propelentes se agotaran. La siguiente etapa se encendería cuando la primera se hubiera separado y así hasta que la etapa final y su carga útil lograran la velocidad necesaria para completar el viaje.

Si la velocidad es suficiente y el cohete





Esquema del primer cohete de propelente líquido, lanzado por Robert H. Goddard el 16 de marzo de 1926.

viaja de forma paralela a la tierra por encima de la atmósfera, calculaba Tsiolkovsky, "la fuerza centrífuga elimina la gravedad y después de un viaje que dura tanto como el oxígeno y las provisiones de alimentos, el cohete sigue un curso en espiral de regreso a la tierra, frenando contra el aire y planeando suavemente hacia la tierra..."

Aunque nunca llegó a construir un cohete, Tsiolkovsky combinó en estas pocas ideas las exigencias básicas para los grandes misiles y los viajes espaciales. Sus teorías se verían corroboradas muy pronto por los pioneros de la cohetería en otros países, principalmente por Robert Esnault-Pelterie en Francia (1913), Robert H. Goddard en los Estados Unidos (1919) y Hermann Obarth en Alemania (1923).

Fue Goddard el primero en lanzar un cohete propulsado por combustible líquido, en Auburn, Massachusetts, el 16 de marzo de 1926. Con una carga de combustible compuesto por gasolina y oxígeno líquido, el cohete voló durante 2 minutos y 5 segundos y aterrizó a 56,08 metros del punto de partida. Su velocidad promedio fue de 103 km/h.

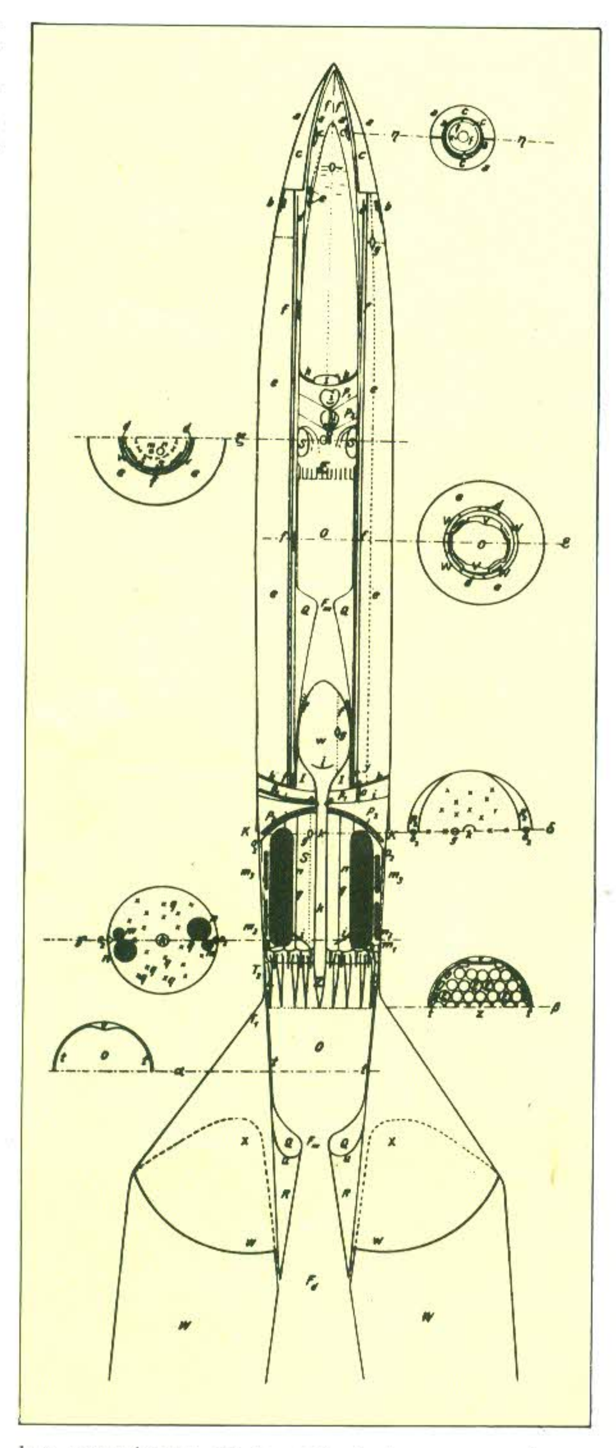
El siguiente triunfo, correspondió al alemán Johannes Winkler, cuyo cohete realizó un breve vuelo de 3 metros en las cercanías de Dessau el 21 de febrero de 1931. Sin embargo, tres semanas más tarde el mismo cohete logró ascender 305 metros. Su combustible consistía en una mezcla de metano líquido y oxígeno líquido.

Izquierda: Goddard con uno de sus primitivos cohetes.

Wernher von Braun

El año 1927 había sido testigo de la fundación del *Verein für Raumschiffarte. V.* (VfR), la Sociedad alemana para vuelos espaciales. Para

El cohete modelo B destinado a explorar la atmósfera superior propuesto por Hermann Oberth en 1923. Aunque nunca llegó a construirse, este diseño inspiró a los entusiastas de la cohetería pertenecientes a la VfR (Sociedad alemana para viajes espaciales).



Derecha: Robert H. Goddard fue el gran pionero de la cohetería americana. En esta fotografía se lo ve mientras carga un cohete del combustible sólido del tipo bazooka en 1918. En 1926, Goddard lanzó el primer cohete de combustible líquido del mundo.



los entusiastas de la cohetería era una época en la que los pequeños grupos de amateurs todavía podían hacer importantes contribuciones mediante la construcción y el lanzamiento de cohetes. La *VfR* concentró sus esfuerzos en el mejoramiento de los motores de combustible líquido, lanzando sus cohetes Mirak y Repulsor desde un depósito de municiones reformado y situado en Reinickendorf, un suburbio berlinés, al que bautizaron *Raketenflugplatz* (campo de vuelo de cohetes).

Los principales miembros de la *VfR* eran Hermann Oberth, Walter Hohmann, Guido von Pirquet, Max Valier, Rudolf Nebel, Klaus Riedel, Kurt Hainish y Willy Ley. Un joven de 18 años que se unió al grupo en 1930 llegaría a convertirse en una leyenda de su tiempo. Su nombre era Wernher von Braun.

Para esa época el cohete de combustible líquido ya había sido totalmente establecido y, en agosto de 1931, la *VfR* lanzó un cohete Repulsor a una altura de 1.006 metros que posteriormente regresó a la tierra sostenido por un paracaídas. Los experimentos en el *Raketenflugplatz* comenzaron a concitar la atención internacional, pero Alemania se encontraba atravesando una profunda depresión económica y el número de miembros de la *VfR* decreció significativamente. El dinero escaseaba y las autoridades de Berlín, muy razonablemente, prohibieron que los cohetes fuesen disparados dentro de los límites de la ciudad.

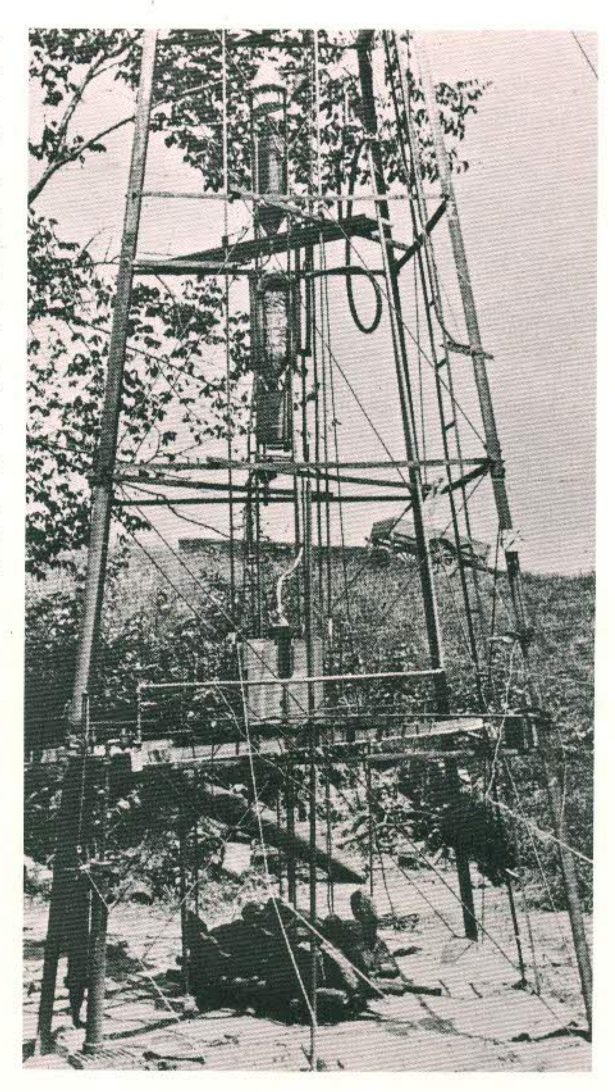
Estaba claro que el futuro progreso de la cohetería dependería de la obtención de alguna clase de apoyo del gobierno. En consecuencia, durante el verano de 1932, Nebel y von Braun realizaron una demostración para el ejército alemán cerca de Kummersdorf. Fue un momento muy apropiado. Hitler era una estrella ascendente (llegó al poder en 1933) y el ejército reconoció que los cohetes estaban fuera del alcance del Tratado de Versalles que prohibía taxativamente la construcción de aviones en Alemania. Hacia finales de ese mismo año el trabajo en *Raketenflugplatz* había concluido y von Braun recibía una invitación para dirigir un trabajo experimental para su tesis doctoral sobre combustión en los cohetes en el campo de pruebas del ejército.

Otros experimentos iniciales

La *VfR* había despertado el entusiasmo de muchas personas en otros países y, en marzo de 1930, se fundó la Sociedad Interplanetaria Americana (que más tarde se convertiría en la Sociedad Americana de *Cohetes*) que llevó a cabo un ambicioso plan de trabajos experimentales con cohetes propulsados por combustible líquido antes de la Segunda Guerra Mundial. La Sociedad Interplanetaria Británica, impedida de efectuar experimentos con cohetes por la ley de Explosivos en 1875, realizó no obstante una serie de importantes contri-

buciones teóricas al vuelo de cohetes, incluyendo el primer concepto técnico de un vehículo capaz de posarse sobre la superficie lunar. La Sociedad, fundada en octubre de 1933, aún se halla en activo.

En la Unión Soviética también existían pequeños grupos de entusiastas (desconocidos para alemanes, americanos o británicos) que trabajaban incansablemente en el campo de la cohetería y el 17 de agosto de 1933 un pequeño cohete, propulsado por oxígeno líquido y gasolina solidificada (gasolina y colofonia, una resina de color oscuro obtenida de la trementina) colocados en la cámara de combustión, alcanzó una altura de 400 metros. Este cohete, conocido como el GIRD 09, fue diseñado por M.K. Tikhonrarov y construido por un equipo que incluía a Sergei P. Korolev, un ingeniero que más tarde se haría famoso como diseñador-jefe de las naves espaciales soviéticas.



El 17 de julio de 1929 y desde esta torre, Goddard lanzó un "cohete meteorológico" provisto de un barómetro, un termómetro y una cámara. Los instrumentos fueron recuperados gracias al empleo de un paracaídas.

Hacia mediados de la década de 1930, Robert H. Goddard efectuaba lanzamientos de cohetes propulsados por combustible líquido desde Roswell, Nuevo Méjico. Este cohete modelo L-7 de cuatro cámaras de combustión ascendió 61 metros el 7 de noviembre de 1936.

Las V-2

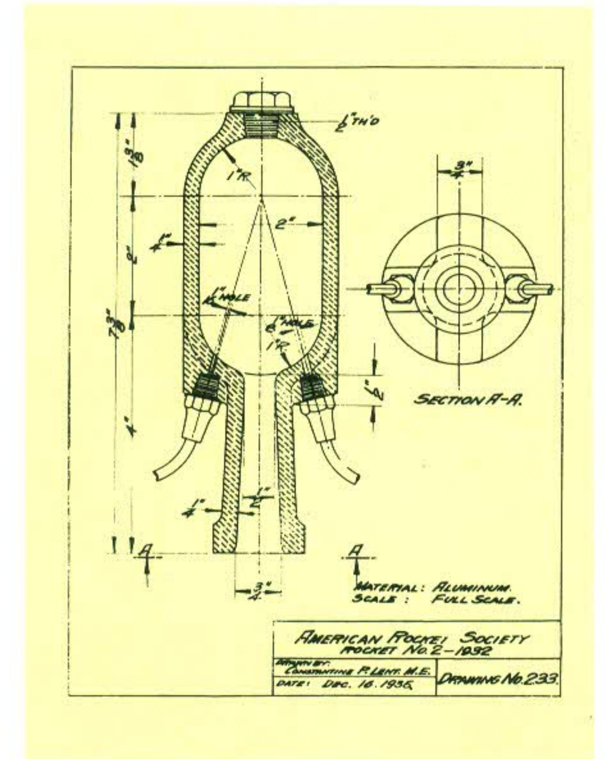
En la década de 1930, sin embargo, los mayores avances en este campo se estaban logrando en Alemania. En un tiempo extraordinariamente corto el ejército germano realizó significativos experimentos en un intento por incrementar la eficacia de los cohetes. Estos trabajos se hallaban bajo la dirección del capitán Walter Dornberger (un calificado ingeniero) y de Wernher von Braun. El primer cohete, Aggregate One o A-1, sólo fue utilizado para pruebas estáticas. Tenía una longitud de 1,5 metros y su diámetro era de 30,5 centímetros. El motor, alimentado por alcohol y oxígeno lí-

quido, estaba refrigerado por regenerador y diponía de un empuje de 300 kgs. A la ignición, el cohete quedó destruido a causa de la mezcla explosiva que se había acumulado en la cámara de combustión, un problema que afectó a muchos de los primeros modelos de cohetes de combustible líquido.

El éxito, sin embargo, no tardaría en lograrse. En diciembre de 1934, desde la isla de Borkum en el Mar del Norte, dos cohetes A-2 alimentados por oxígeno líquido y alcohol ascendieron a altitudes cercanas a los 2.400 metros. La estabilidad se mantenía merced a la acción de un giroscopio de "fuerza bruta" colocado entre los depósitos de los propelentes.

Este doble éxito llevó a que los investigadores consiguieran partidas de dinero más sustanciosas para la buena marcha de sus trabajos. Entre sus proyectos se encontraba la construcción de un cohete más largo, el A-3, con numerosas e importantes innovaciones técnicas. Un sistema de giro estabilización de tres ejes hacía funcionar las aletas de las toberas y los timones de dirección montados en las derivas; un sistema de presión de hidrógeno líquido reemplazó la botella de nitrógeno de gruesas paredes como un medio de presurizar los tanques propulsores. Se diseñaron nuevas válvulas de flujo de alcohol y oxígeno para eliminar las explosiones en el momento de la ignición. El cohete también tenía la virtud de no necesitar rampa de lanzamiento. Debido a su nuevo sistema de estabilización, podía dispararse verticalmente, "descansando sobre sus aletas".

Si bien los lanzamientos que se efectuaban desde la isla de Griefswalder Oie en el Mar Báltico fueron bastante desalentadores —en el primero el paracaídas se abrió prematuramente sólo cinco segundos después del lanzamiento— tuvieron el suficiente éxito como para demostrar las excelencias del diseño básico.



El segundo motor cohete construido por la Sociedad Interplanetaria Americana.

Mientras en Alemania se desarrollaban estos trabajos, Goddard obtenía un éxito similar en las proximidades de Roswell, Nuevo Méjico. El 28 de marzo de 1935 disparó un cohete con estabilización giroscópica que alcanzó una altura de 1.463 metros cubriendo una distancia de 3.962 metros. Su velocidad promedio fue de 885 km/h. El curso de vuelo del cohete era corregido por la acción del giroscopio sobre las aletas gobernables que se encontraban en la tobera de escape. El cohete tenía una longitud de 4,51 metros y un peso vacío de 35,61 kgs.

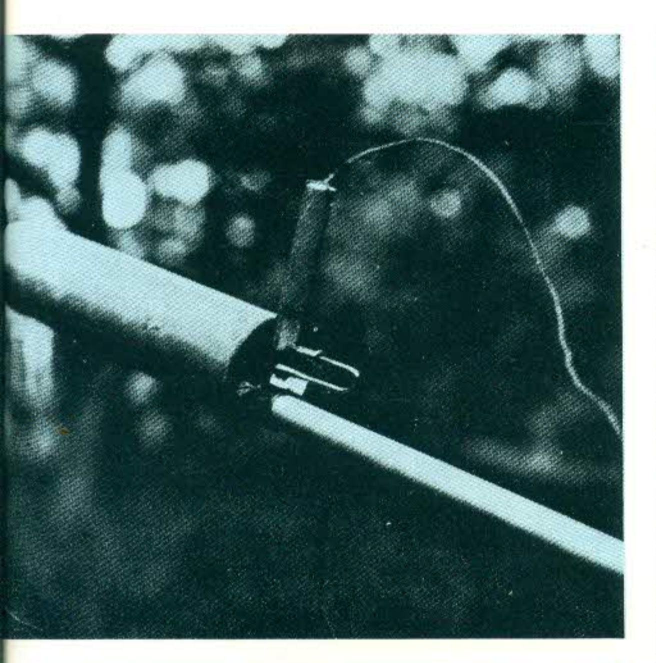
Con el resurgimiento del militarismo alemán, el equipo de investigación de von Braun obtuvo grandes sumas de dinero tanto del ejército alemán como de la Luftwaffe. Esto permitió que en 1935 el trabajo se concentrara en el establecimiento de una gran base experimental de cohetes cerca del pueblo de Peenemünde sobre la costa báltica.

El proyecto principal era la construcción de un gran cohete de artillería para el que ya se había escogido la designación de A-4. Para lograrlo, se probarían las características del diseño sobre un cohete a pequeña escala A-5. Disparados desde la isla de Griefswalder Oie a mediados de 1938, sin el sistema de guía, los cohetes alcanzaron alturas de 12.875 metros. Durante los siguientes dos años se experimentaron diferentes técnicas de control y algunos cohetes A-5, disparados en trayectorias inclinadas para lograr el máximo alcance, volaron a lo largo de haces de ondas de radio para mejorar su precisión.

De este modo nació el concepto del cohete A-4, diseñado para transportar una cabeza explosiva de 1.000 kgs. sobre una distancia de 275 kms. Esto implicaba notables avances en todos los departamentos de ingeniería abocados al proyecto. El A-4, que pesaba más de 12.500 kgs., no obtuvo sin embargo un éxito inmediato en Peenemünde. El primer ejemplo, posado verticalmente sobre sus aletas sobre una pequeña rampa de lanzamiento, fracasó en su intento de ascender a medida que el empuje de su motor se extinguía lentamente, luego se derrumbó e hizo explosión. El segundo A-4, cuya estabilidad se debía a la acción de sus aletas de tobera controladas por giróscopo, voló a la perfección durante 45 segundos, luego comenzó a oscilar de lado a lado y finalmente se partió en el aire.

Después de realizar las necesarias modificaciones de reforzamiento del cohete, el tercer A-4 realizó un perfecto vuelo balístico, alcanzando una altura máxima de 85 kms. antes de caer sobre las aguas del Báltico a 190 kms. de distancia del lugar del lanzamiento. La fecha de este acontecimiento fue el 3 de octubre de 1942.

A los ojos del Alto Mando alemán, el cohete se había convertido ahora en algo mucho más importante que una simple pieza de artillería. Antes de que pudieran realizarse las pruebas necesarias, Hitler ordenó la producción masiva del A-4 para bombardear Londres y el territorio inglés.







Izquierda arriba:
El Mirak 2, un cohete construido por la VfR (Sociedad alemana para viajes espaciales) en 1931. El motor del cohete se encontraba dentro del depósito de oxígeno líquido y el combustible se alojaba en la prolongación tubular.

Izquierda arriba:
El constructor de automóviles Fritz von Opel experimentó con la propulsión de los cohetes y voló este planeador propulsado por cohetes alcanzando una velocidad de 153 km/h., el 30 de septiembre de 1929. Estaba provisto de un grupo de 16 cohetes Sander de combustible sólido.

Izquierda abajo:
El GIRD X fue el primer cohete soviético que utilizó un comburente líquido y un combustible líquido. El 25 de noviembre de 1933 ascendió hasta una altura de aproximadamente 4.900 metros.

Se montaron baterías móviles de A-4 y los cohetes fueron trasladados a emplazamientos costeros. El ataque sobre Londres con cohetes A-4 comenzó el 8 de septiembre de 1944 desde una zona próxima a La Haya, en Holanda, y por fin el Ministro de Propaganda alemán, Goebbels, reveló la existencia de las V-2 –Arma de Represalia Nº 2– frente las cuales no había defensa alguna.

Entre el 6 de septiembre de 1944 y el 27 de marzo de 1945 fueron disparadas sobre territorio inglés aproximadamente 4.320 cohetes V-2, matando 2.511 personas e hiriendo gravemente a otras 6.000.

Cuando acabó la guerra en Europa se pudo inspeccionar finalmente todo el sistema de operaciones de los cohetes V-2, incluyendo la enorme fábrica subterránea en las colinas de Kohnstein, cerca de Nordhausen, donde se había montado la línea básica de producción de las bombas volantes V-1 y de los cohetes V-2. Los principales cerebros de Peenemünde, ante el avance de las fuerzas soviéticas, habían huído hacia el oeste optando por entregarse a los aliados occidentales. El general Dornberger y von Braun se rindieron a los brazos abiertos del 7º Ejército americano el 2 de mayo de 1945.

El resultado de los interrogatorios a que fue sometido von Braun evidenció la profundidad de los progresos obtenidos en Peenemünde y demostró, además, que el equipo de von Braun había mantenido vivo el ideal del vuelo espacial a pesar de las presiones del estamento militar. A fin de aumentar el alcance de las V-2, los cohetes de prueba habían sido provistos de alas en flecha para ver si podían planear en la atmósfera superior. Uno de estos cohetes había volado con cierto éxito en 1944 y existían los bocetos de una versión en la que una cabina presurizada reemplazaba a la cabeza explosiva para que un hombre pudiera viajar al espacio. Un proyecto aún más ambicioso era el A-9/A-10 en el que un cohete A-4 mejorado, con alas en forma de saeta, habría de ser lanzado desde el morro de un enorme propulsor de combustible líquido para realizar un vuelo del orden de los 5.000 kms.

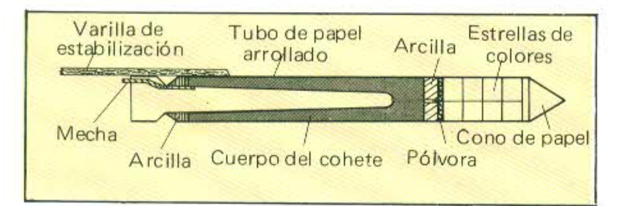
Aunque este proyecto nunca superó la etapa de diseño en 1942, era un indicativo claro y explícito de lo que se avecinaba. En el curso de los interrogatorios, Wernher von Braun describió una era futura en la que cohetes de etapas múltiples lanzarían al espacio satélites artificiales, se construirían gigantescas plataformas espaciales en órbita con la tierra y el hombre llegaría a la luna. Un cuarto de siglo más tarde, el sabio alemán vería sus profecías convertidas en realidad.

Otros avances en tiempo de guerra

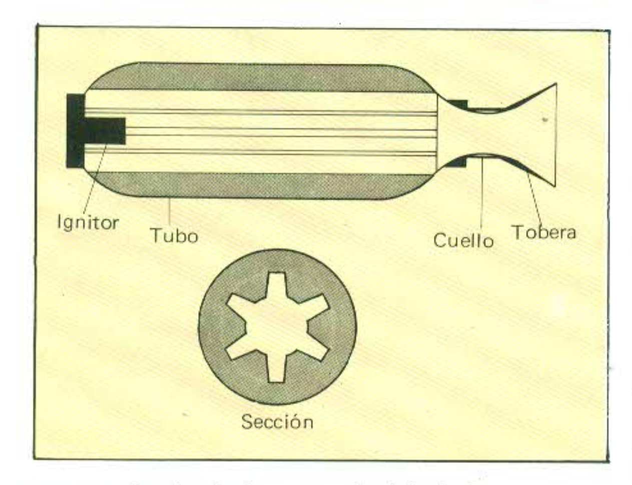
El cohete V-2 fue sólo una parte de la historia

F F F F F F
F F F F F F
Aire
← Movimiento del balón
Todas las fuerzas están en equilibrio
Las fuerzas no están equilibradas, causando desplazamiento hacia la izquierda.

Fuerzas actuantes en un balón



Cohete de fuegos artificiales



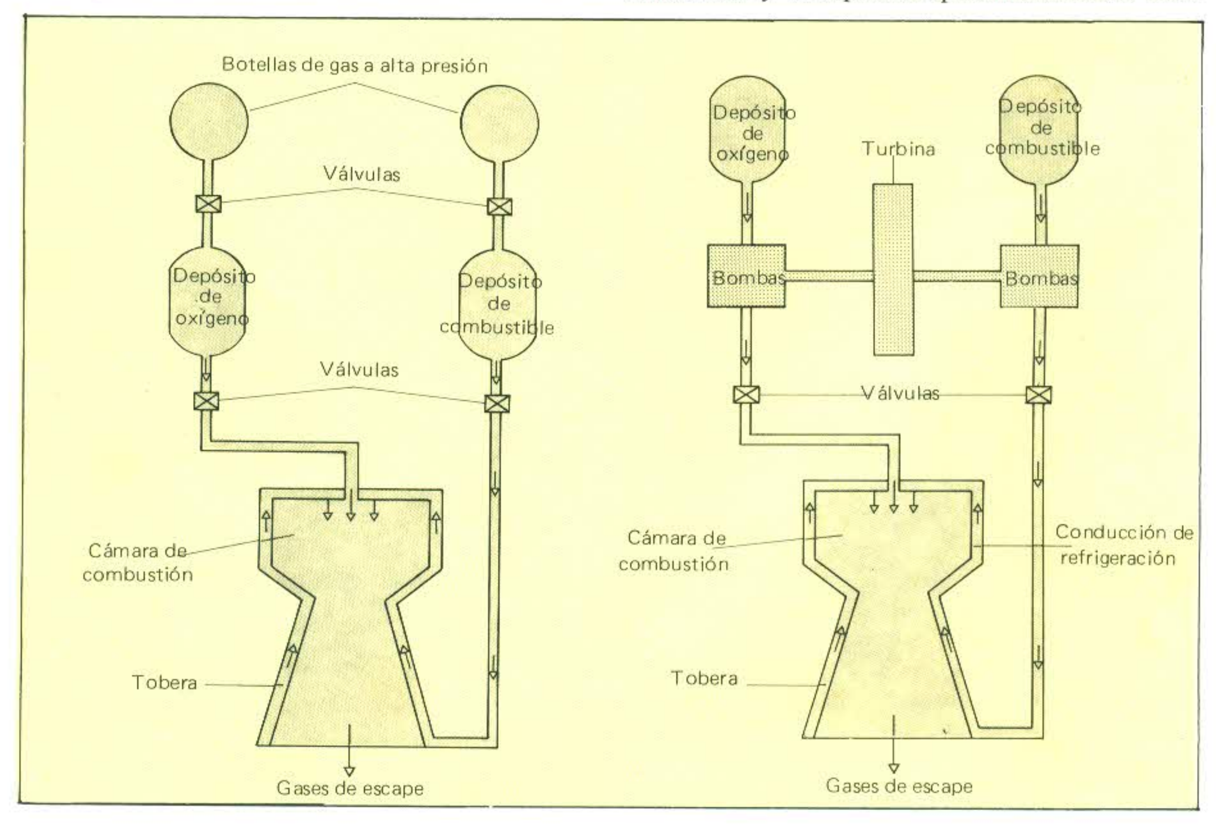
Motor cohete de combustible sólido

ya que el arte de la guerra había dado pasos en muchas otras direcciones. Gran parte del trabajo con cohetes en Alemania había estado dedicado a detener los raids aéreos enemigos sobre territorio alemán, aunque, en la práctica, muy pocas de estas nuevas armas entraron en servicio hacia finales de la contienda.

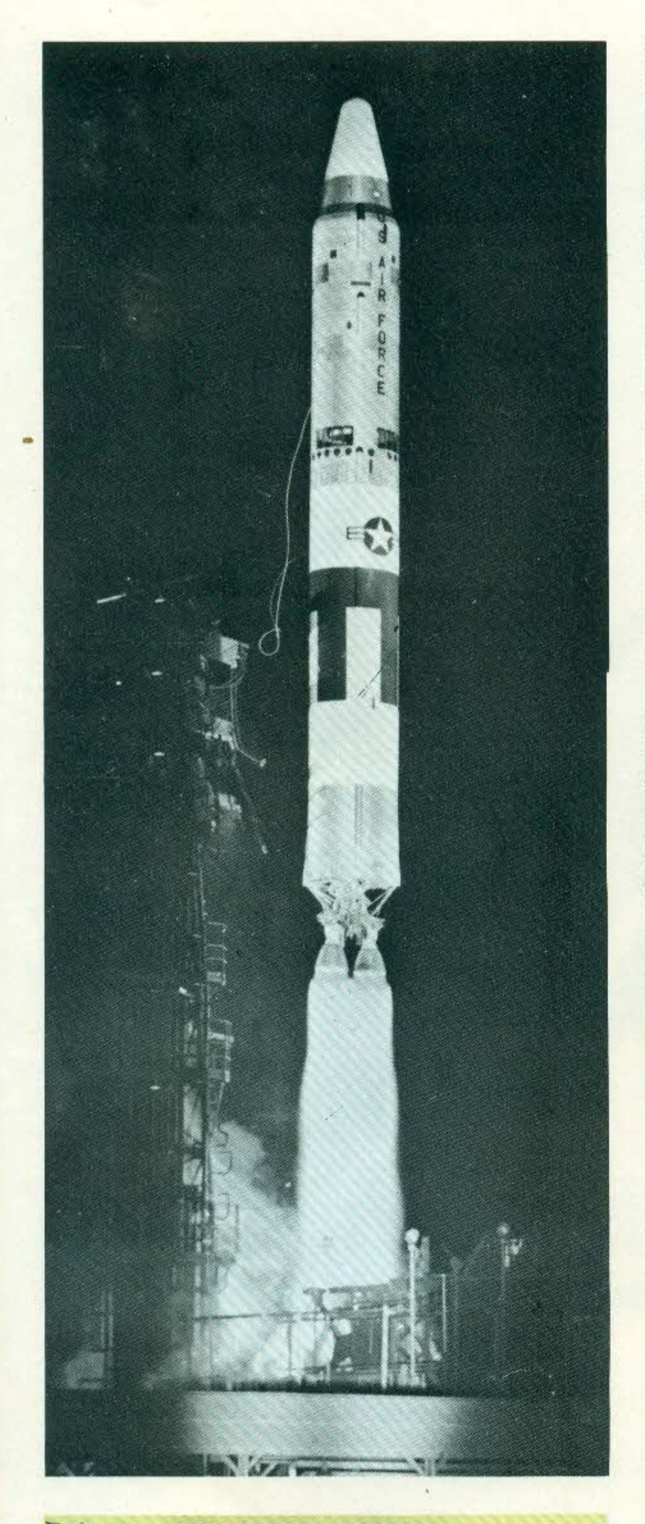
En Peenemünde nació el misil tierra-aire Wasserfall, cuya apariencia exterior semejaba a un V-2 en escala reducida y con alas cortas y cruciformes. Sin embargo, la necesidad de mantener al misil lleno de combustible y listo para entrar en acción llevó al empleo del Visol, un producto derivado del petróleo, como combustible que iniciaba la combustión en la cámara al entrar en contacto con el oxidante, el ácido nítrico. Al igual que el V-2, el Wasserfall despega en vertical desde una plataforma simple.

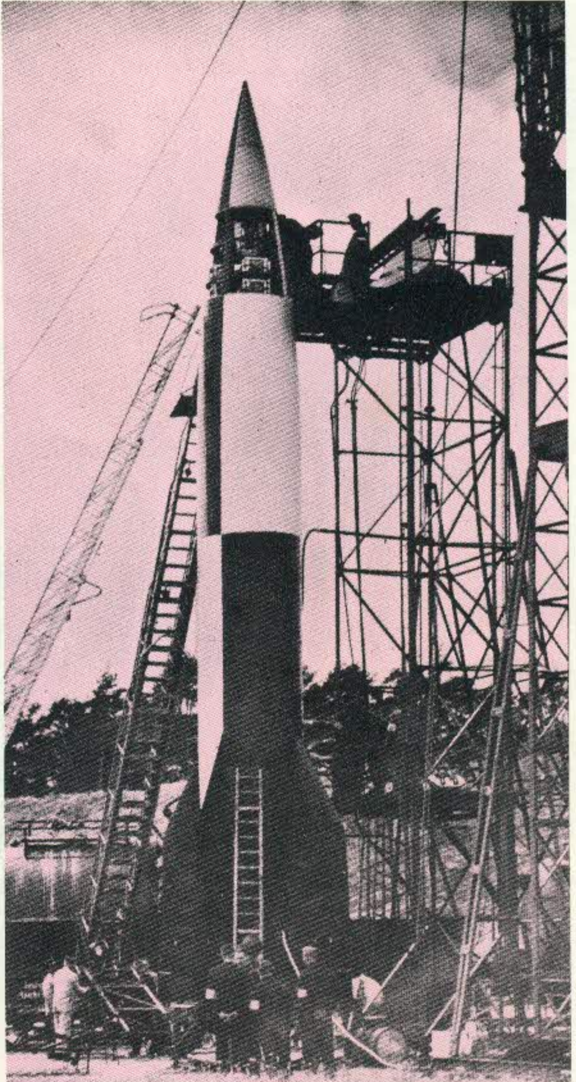
Se esperaba que este misil supersónico interceptara a los bombarderos enemigos a una distancia de 48 kms. y a una altura de 9.650 metros. Su curso estaba dirigido por paletas estabilizadoras de grafito que actuaban en el tubo de escape en combinación con timones de dirección aerodinámicos. La dirección dependía de que el misil quedara centrado por una onda de radar dirigida hacia el objetivo. Las primeras pruebas, sin embargo, estuvieron limitadas a la puntería visual y al radiocontrol mediante "palancas de mando" desde tierra. La intención era fragmentar todo el cuerpo del proyectil como consecuencia de la detonación de 90 kgs. de explosivos para lograr un devastador efecto de metralla.

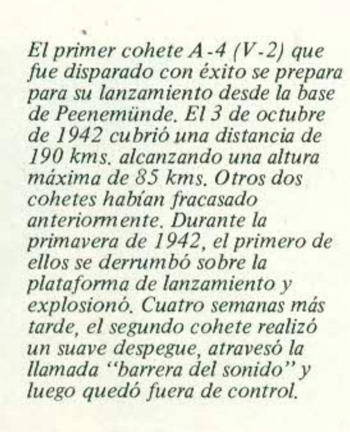
Otro prometedor misil alemán aire-tierra de este período fue el Henschel Hs-117 Schmetterling (mariposa), que tenía la apariencia de un pequeño monoplano de ala aflechada. Se disparaba desde una rampa de lanzamiento y aceleraba en vuelo mediante cohetes propulsores de combustible sólido montados encima y debajo del fuselaje. Una de las versiones llevaba un motor BMW con propelente líquido de 159 kgs. de empuje. Volaba a velocidad subsónica y se esperaba que alcanzara su blan-

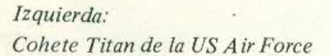


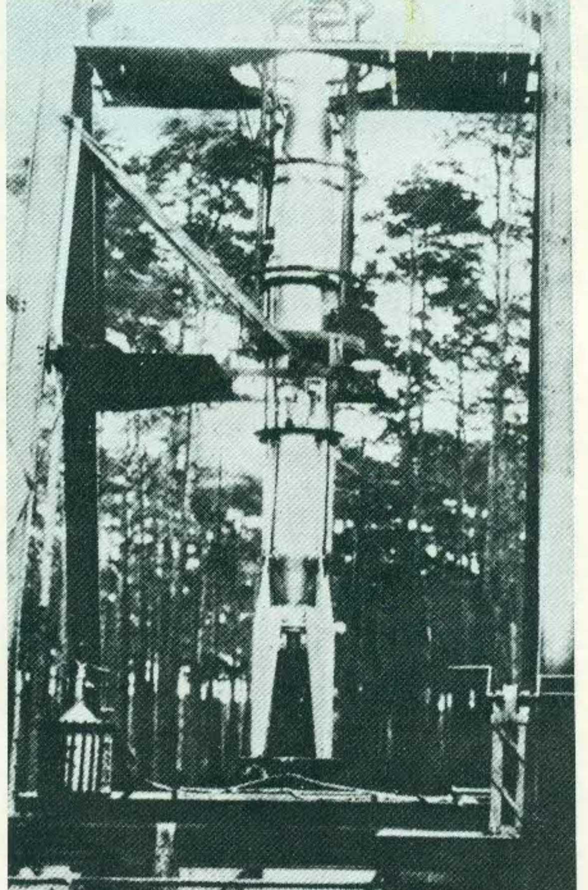
Izquierda:
Cohete alimentado a presión, con refrigeración regenerativa.
Derecha:
Cohete alimentado por bombeo, con refrigeración regenerativa.






El primer cohete A-4 (V-2) que fue disparado con éxito se prepara para su lanzamiento desde la base de Peenemünde. El 3 de octubre de 1942 cubrió una distancia de 190 kms. alcanzando una altura máxima de 85 kms. Otros dos cohetes habían fracasado anteriormente. Durante la primavera de 1942, el primero de ellos se derrumbó sobre la plataforma de lanzamiento y explosionó. Cuatro semanas más tarde, el segundo cohete realizó un suave despegue, atravesó la llamada "barrera del sonido" y luego quedó fuera de control.


Izquierda:
Cohete Titan de la US Air Force



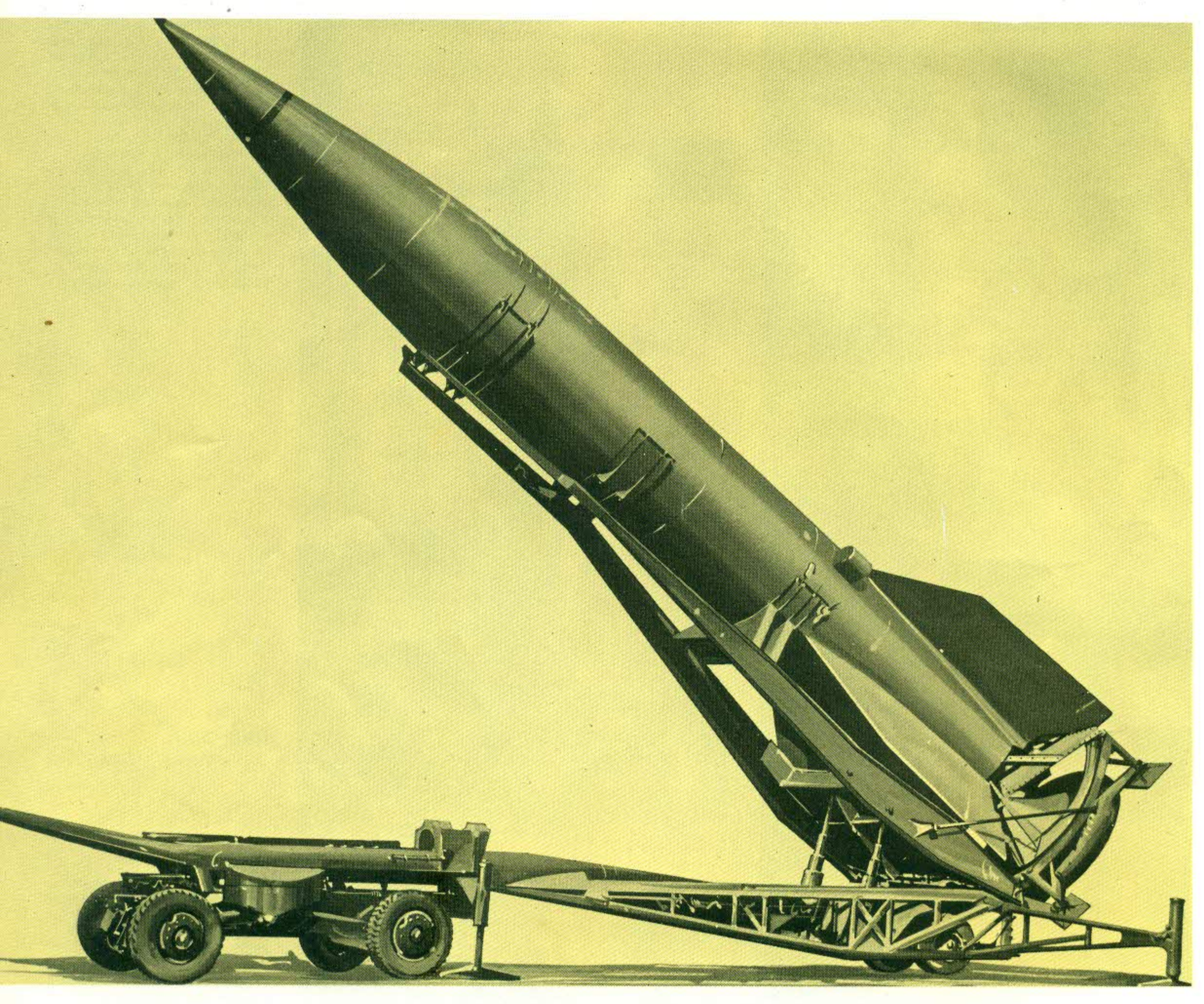
Un antepasado de los cohetes alemanes A-5 y A-4 (V-2) fue el A-3 utilizado para pruebas estáticas en Kummersdorf en 1936. Al ser disparados en 1937 desde Griefswalder Oie, una pequeña isla en el Mar Báltico, tres cohetes perdieron el control y se estrellaron a poco de ser lanzados debido a problemas con el sistema de control giroscópico. Sin embargo, aportaron a los alemanes la experiencia necesaria con giroscopios de tres ejes y con el control de timón el de tobera.



Izquierda:
Un cohete A-4 elevándose para alcanzar la posición vertical de lanzamiento sobre el transporte-erector Meillerwagon. Después de un apresurado programa de pruebas realizado en la base de Peenemünde, los primeros modelos producidos aparecieron a comienzos de 1943. En junio de 1944, un cohete A-4 disparado desde Peenemünde se salió de curso y se estrelló en suelo sueco. Sus restos fueron llevados a Inglaterra y proporcionaron datos vitales acerca de la capacidad del cohete.

co a una altura de 8.850 metros, controlado desde tierra por palancas de mando.

Las técnicas de control se hallaban muy



En términos operacionales, el V-2 se montaba y era disparado desde posiciones de máximo ocultamiento, a menudo emplazadas en los bosques. El cohete se encontraba simplemente colocado en posición vertical en una plataforma de lanzamiento alineado en dirección al objetivo y alimentado desde camiones cisterna. El lanzamiento se realizaba por control remoto desde un vehículo semioruga blindado.

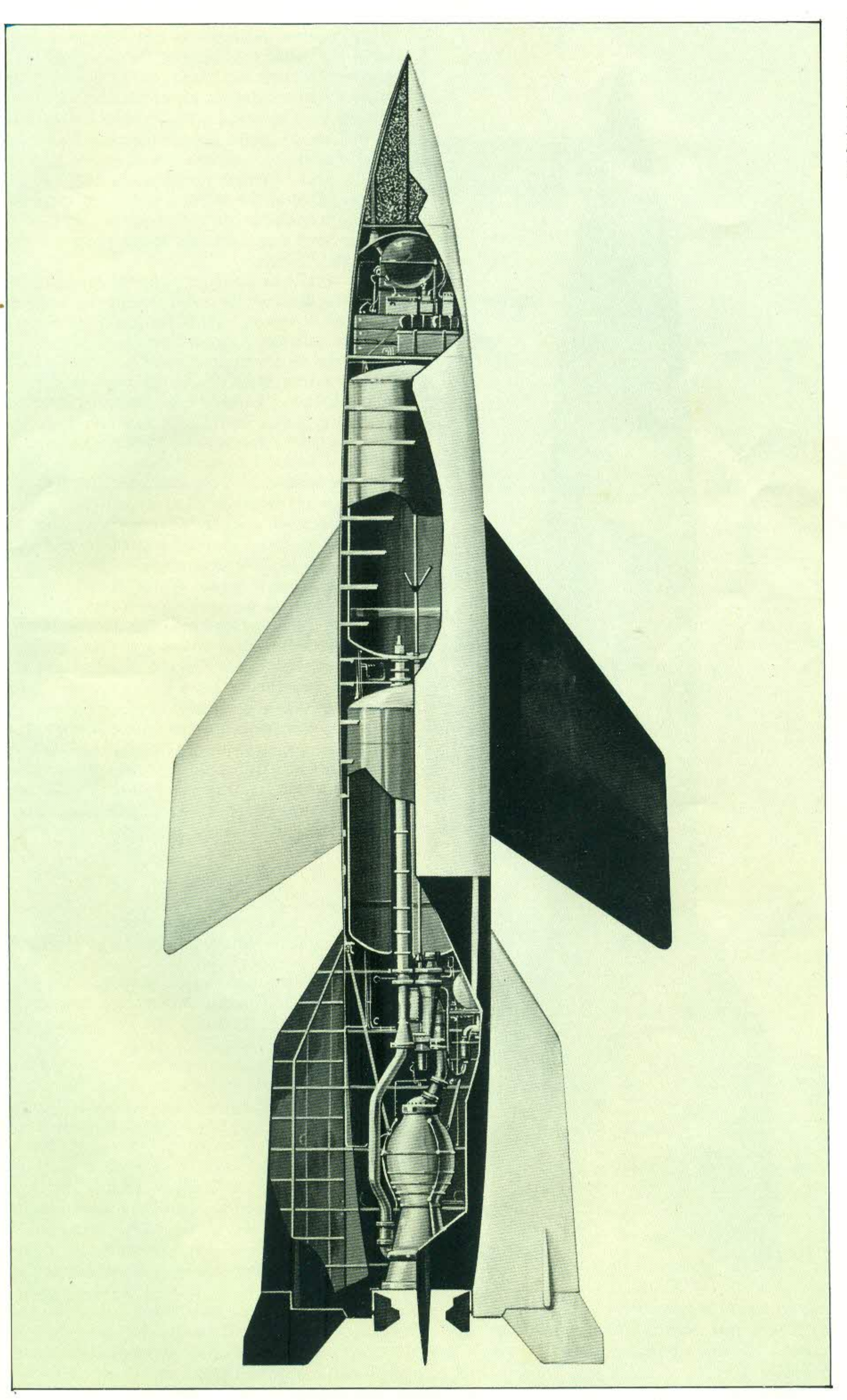
avanzadas para la época. No sólo el Schmetterling disponía de una especie de machmetro para controlar la velocidad de vuelo sino que también se hallaban en proceso de desarrollo sistemas de autodirección. Uno de ellos era un dispositivo infrarrojo con un cono de sensibilidad de 20 grados; se diseñó un iconoscopio ("ojo eléctrico") giroestabilizado para que operara conjuntamente con una espoleta de proximidad utilizando el principio del radar.

Los soviéticos, mientras tanto, habían realizado grandes progresos. Antes de la Segunda Guerra Mundial, Korolev había trabajado en una bomba volante propulsado por cohetes (Proyecto 212) siguiéndole algunos experimentos con planeadores propulsados por el mismo sistema. Disparado desde un emplazamiento movido por cohete, el pequeño monoplano estaba diseñado para llevar una cabeza explosiva de 30 kgs. a una distancia de 50 kms. Su cohete propulsor ORM-65, diseñado por Valentin Glushko, quemaba queroseno y ácido nítrico.

Aunque los lanzamientos experimentales continuaron en 1939, la bomba volante no entró en producción. Korolev había estado trabajando en un misil de crucero mucho más avanzado (Proyecto 212A) que incluía algunas características revolucionarias en materia de propulsión y dirección de cohetes, pero la guerra hizo que tales proyectos debieran abandonarse en favor de proyectiles menos sofisticados como los cohetes superficie-superficie Katyusha o los cohetes lanzados desde el aire.

Los primeros avances de la posguerra

Al terminar la guerra, Alemania contaba con los mejores cerebros relacionados con la tecnología de cohetes y proyectiles dirigidos y tanto Estados Unidos como la Unión Soviética realizaron los máximos esfuerzos para rodearse de la mayor cantidad de estos especialistas. Muchos de los principales científicos, incluyendo a von Braun y a gran parte de su equipo de Peenemünde, fueron alentados para que continuaran su labor en los Estados Unidos. Otros



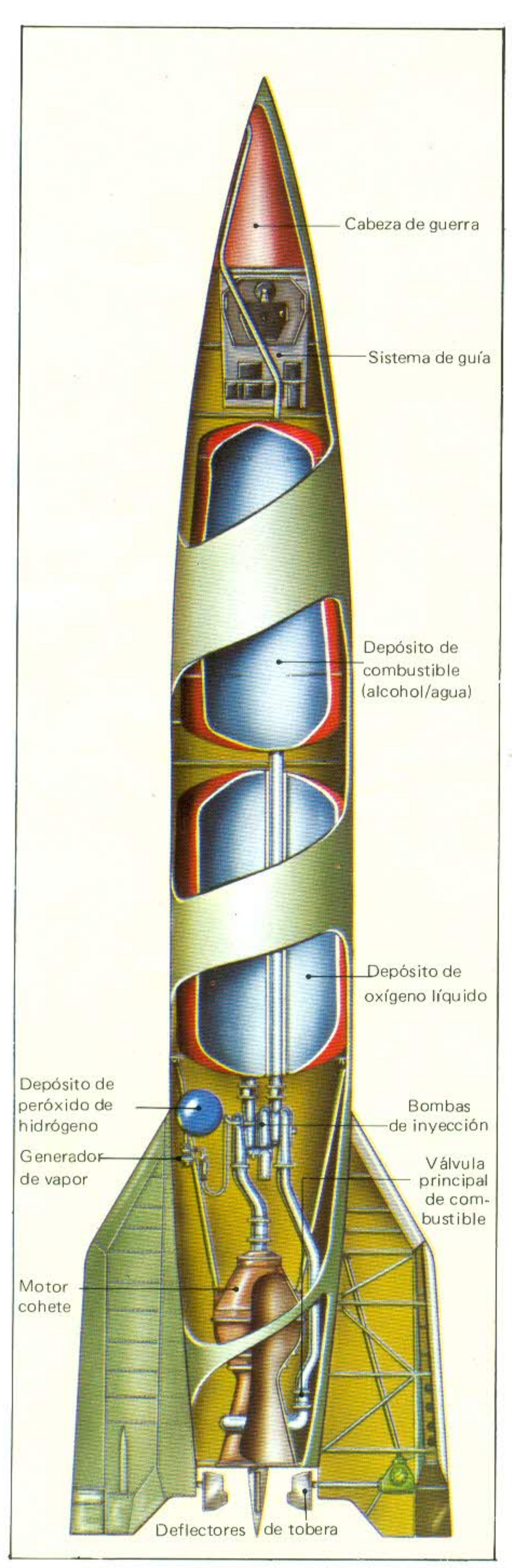
La necesidad de aumentar el alcance del V-2 llevó a la construcción del A-4b. Este era, básicamente, un cohete V-2 reforzado y provisto de alas en flecha y timones de dirección aerodinámicos más largos. A partir de este modelo von Braun pensaba desarrollar un avión espacial que llevaría un piloto durante 644 kms. en 17 minutos.

fueron llevados a la URSS y puestos a trabajar en grupos que se mantenían aislados de la tecnología soviética básica a fin de preservar sus secretos.

Mientras tanto, el trabajo efectuado en Norteamérica, estimulado notablemente merced a los esfuerzos iniciales de Goddard (que murió en agosto de 1945), había llevado a un grupo de investigación en el Instituto de Tecnología de California a desarrollar entre 1944 y 1945 un pequeño cohete llamado Wac-Corporal. Estaba propulsado por un motor alimentado a ácido nítrico y anilina de 680 kgs. de empuje. Disparado desde una torre por medio de un propelente de combustible sólido, el cohete llevó una carga de instrumentos a una altura de 70 kms.

Al igual que ocurriera con los misiles antiaéreos alemanes y los motores de los cohetes desarrollados en la URSS, los propelentes eran de auto-ignición y de un tipo que podía ser almacenado en los depósitos de un cohete. Esto llevaría a una serie de misiles para el ejército de los Estados Unidos que podían entrar en acción de forma inmediata. También trajo como resultado algunos experimentos en los que los Wac-Corporal se montaban como segunda etapa de cohetes V-2 modificados, que habrían de demostrar la posibilidad de obtener la máxima velocidad y altura exigidas para cohetes balísticos de largo alcance y para los viajes espaciales. El 24 de febrero uno de dichos vehículos, despegando desde White Sands, Nuevo Méjico, envió al pequeño Wac a una altura de 393 kms. La velocidad máxima del cohete era de 8.286 km/h. Otros cohetes de esta serie fueron disparados desde Cabo Cañaveral por orden del ejército de los Estados Unidos para obtener el máximo alcance horizontal.

En la era de la guerra fría, el cohete fue explotado con una nueva locura. Se desarrollaron misiles guiados de distintos tipos tanto para misiones defensivas como ofensivas, con las principales potencias luchando por contrarrestar cada nuevo avance técnico.

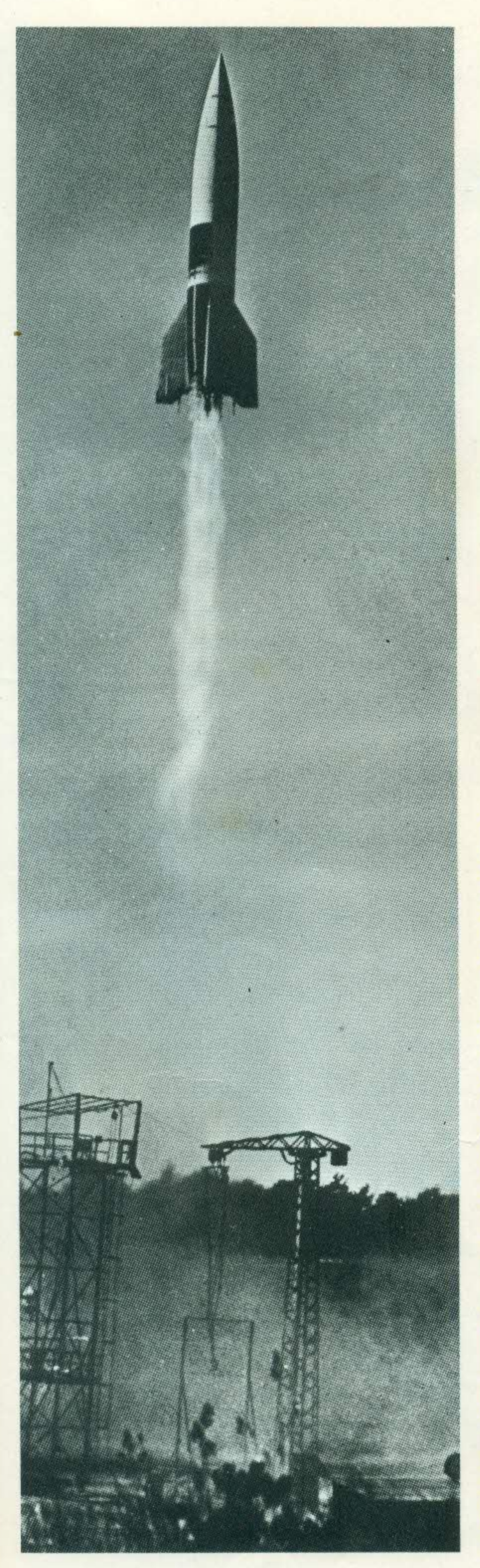


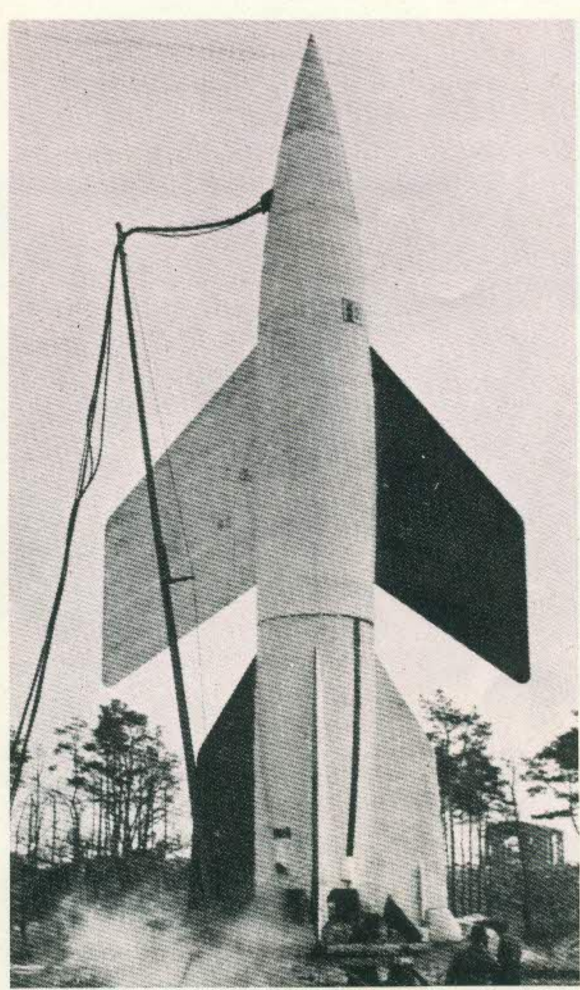
El A-4, originalmente desarrollado como un arma táctica para el ejército alemán se empleó contra Londres y Antwerp durante la Segunda Guerra Mundial. Este cohete de 12.500 kg. medía 14 m. y tenía un diámetro de 165 cm. Era fácilmente transportable, utilizándose para su lanzamiento una plataforma móvil.

Misiles superficie-aire

Uno de los primeros misiles operacionales que utilizó líquidos almacenables fue el MIM-3A Nike-Ajax norteamericano, el misil antiaéreo disparado desde rampa que despegaba ayudado por una sección propulsora con tres aletas y con combustible sólido. El misil tenía alas cruciformes triangulares y aletas direccionales en el morro y estaba propulsado un motor alimentado por una mezcla de ácido nítrico y anilina. Un radar seguía el curso del misil y otro el del objetivo. Un computador integraba continuamente las dos informaciones y emitía señales direccionales al misil, orientándolo hacia el blanco. Cuando estaba próximo al objetivo, el misil se autoguiaba, respondiendo a señales recibidas del objetivo por el radar terrestre.

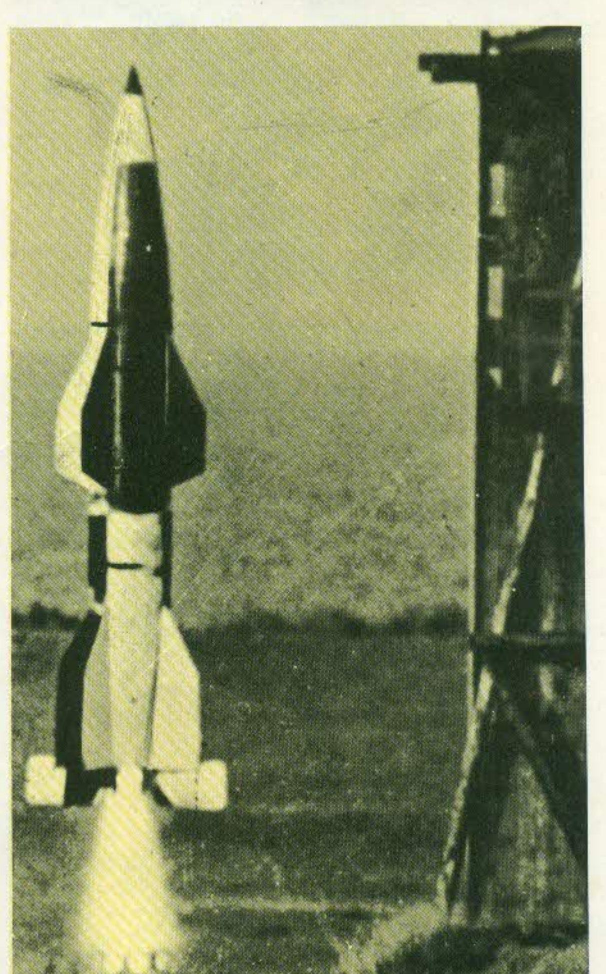
Su contrapartida soviética (el SA-2, nombre de código de la OTAN: Guideline) quemaba ácido nítrico y un combustible de hidrocarburos y también era guiado por radio. La evidencia de la efectividad de este proyectil se puso de manifiesto el 1 de mayo de 1960 cuando derribó el avión espía de reconocimiento U-2 pilotado por el Teniente Gary Powers.





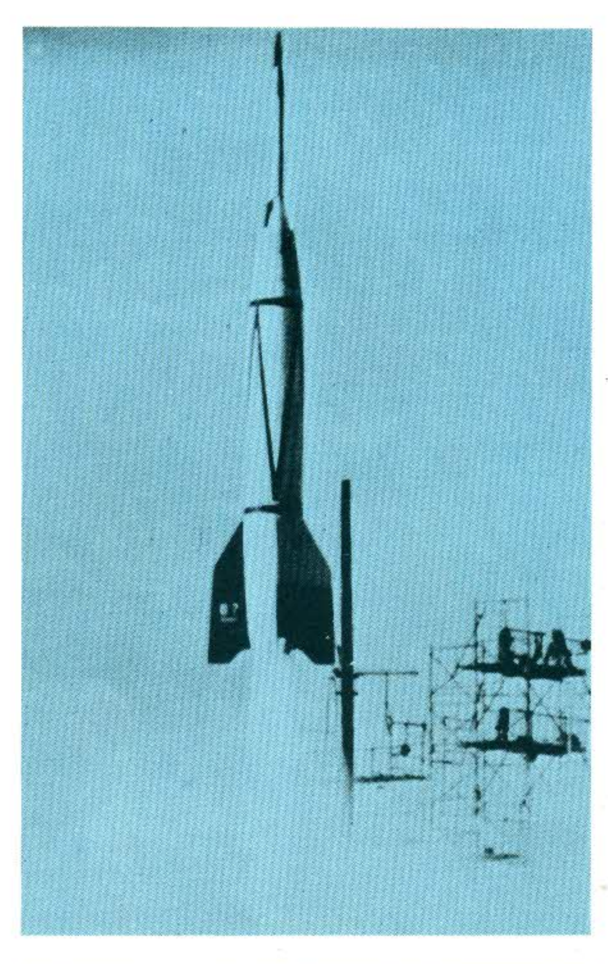
El primer lanzamiento con éxito de un A-4b tuvo lugar en Peenemünde el 24 de enero de 1945. Este fue probablemente el primer misil con alas guiado que voló a una velocidad superior a la del sonido. Sin embargo, en la fase descendente de la trayectoria una de las alas se rompió y el experimento, que buscaba aumentar el alcance del proyectil, se vio frustrado.

Izquierda:
Un cohete A-4 despega desde la plataforma de lanzamiento núm. 7 de Peenemünde en el verano de 1943.



El misil superficie-aire Wasserfall también fue desarrollado en la base de Peenemünde. Partiendo de las características aerodinámicas del A-5 y de su hermano mayor el A-4, utilizaba propelentes almacenables que se encendían por contacto (ácido nítrico y Visol, un producto derivado del petróleo). Sin embargo, este misil llegó demasiado tarde para ser empleado durante la guerra.

Un cohete V-2, capturado a los alemanes, lleva un cohete americano Wac-Corporal como segunda etapa. White Sands, Nuevo Méjico, febrero de 1949.



Derecha: Una de las primeras versiones del misil superficie-aire Nike-Ajax americano durante unas pruebas realizadas en White Sands, Nuevo Méjico.



Miembros de una batería lanzamisiles superficie-aire SA-4 Ganef soviéticos se entrenan en un simulacro de ataque con gas.



Un ejercicio de entrenamiento de tropas soviéticas con un misil superficie-aire SA-2 Guideline.

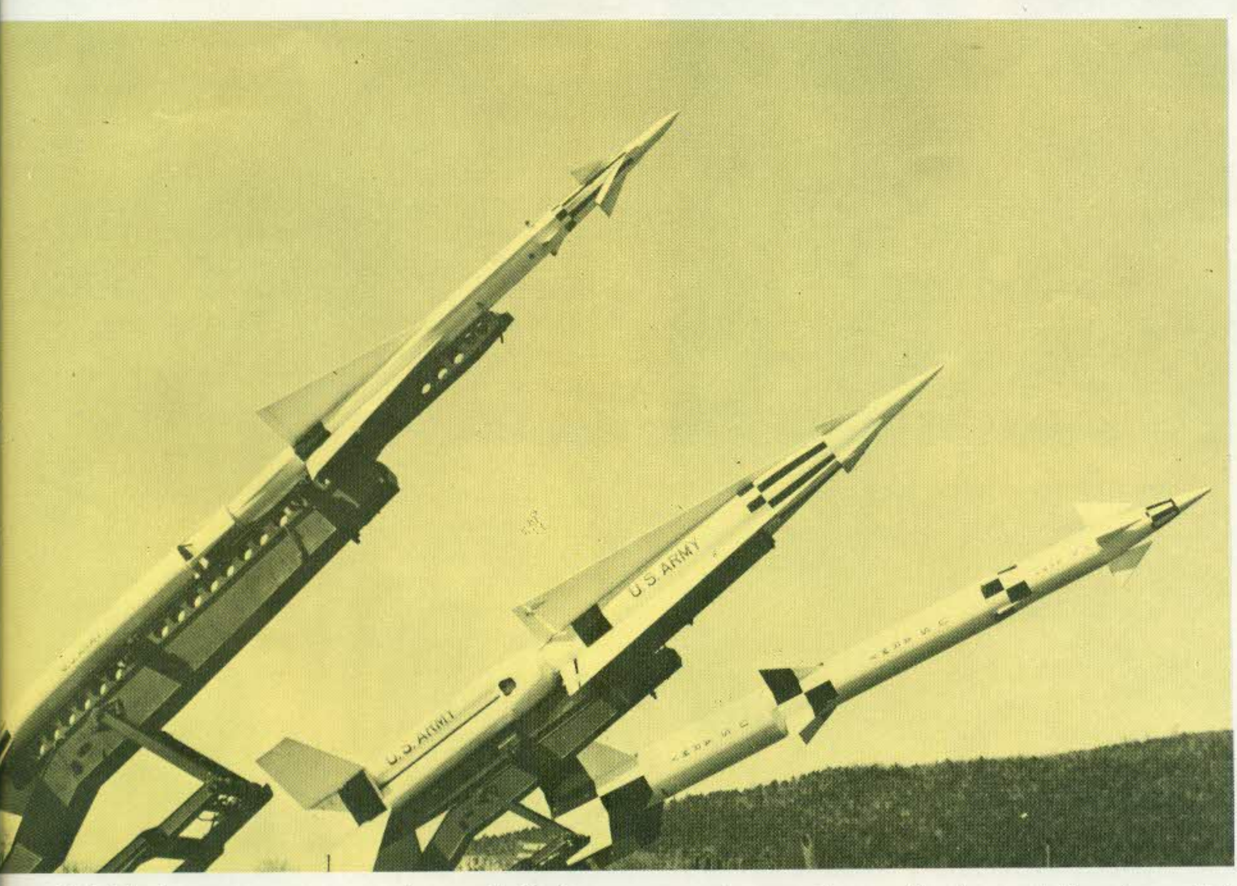
Otros proyectiles antiaéreos se sucedieron vertiginosamente. En Norteamérica el MIM-14A Nike-Hércules alcanzaba mayor altura y cubría una distancia también mayor, al igual que el LIM-49A Nike-Zeus, que también llevaba una pequeña cabeza nuclear. El Bomarc, un misil antiaéreo con alas delta cortadas, tenía estatorreactores suspendidos y un cohete impulsor. Podía alcanzar una velocidad de dos veces la del sonido, una altura de 18.288 metros y tenía un alcance que excedía con facilidad los 161 kms.

La respuesta soviética al Nike-Zeus fue el SA-5 Gammon, del que se afirmaba que podía servir eficazmente como misil contra aviones de gran altura y también contra otros misiles. Los misiles antiaéreos de la Flota soviética eran el SA-N-1 y el SA-N-2 Guideline. Los proyectiles de la marina americana dentro de la misma categoría eran los Talos, Tartar y Terrier.

Gran Bretaña también estableció sus prioridades en orden a la defensa antiaérea. Sus primeros ejemplos fueron el Thunderbird de combustible sólido y el Bloodhound propulsado por estatorreactores, ambos proyectiles respondían a un radar autodireccional semi activo. Para la defensa antiaérea en el mar estaban el Seacat de corto alcance, el Seaslung de largo alcance y, posteriormente, el Sea Dart. En Francia apareció el Masurca, un misil de combustible sólido, de dos etapas, que en un principio apareció como un cohete guiado por haz y posteriormente dispuso de un mecanismo de autodirección. Un misil que depende de un radar autodireccional semi activo incorpora un aparato de guía que intercepta las señales de radar de un blanco que es iluminado desde otra fuente; por ejemplo, un radar terrestre o, en el caso de un misil aire-aire, el radar de control de fuego del avión lanzador. Los misiles autodirigidos por *radar activo* llevan un radar transmisor y un equipo buscador y, por lo tanto, son capaces de dirigir al objetivo reflejos de sus propias transmisiones.

Los proyectiles individuales también tienen su importancia para la defensa de las unidades

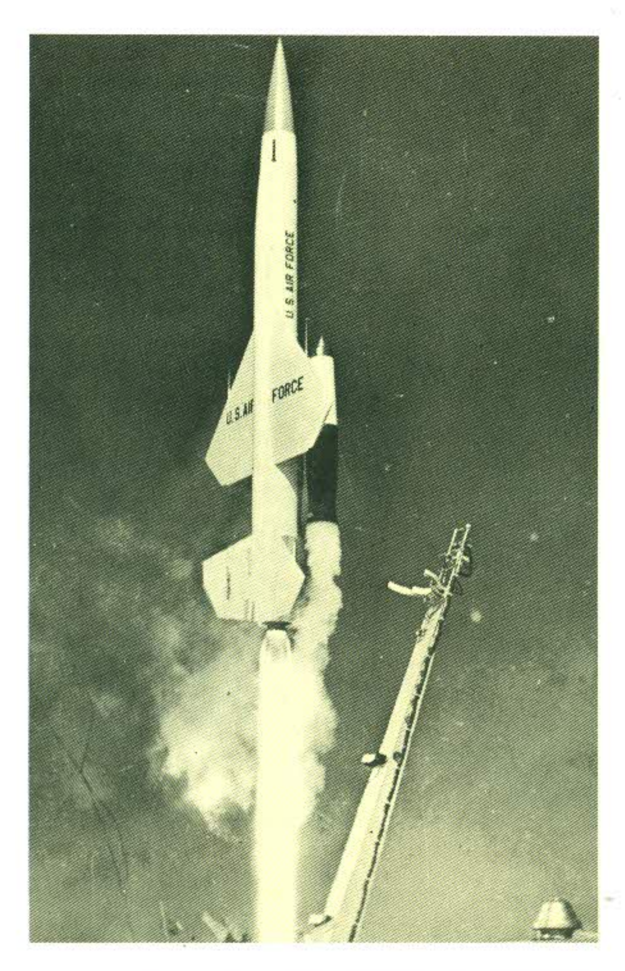
El proyectil soviético para defensa aérea de gran altura, SA-5 Gammon.



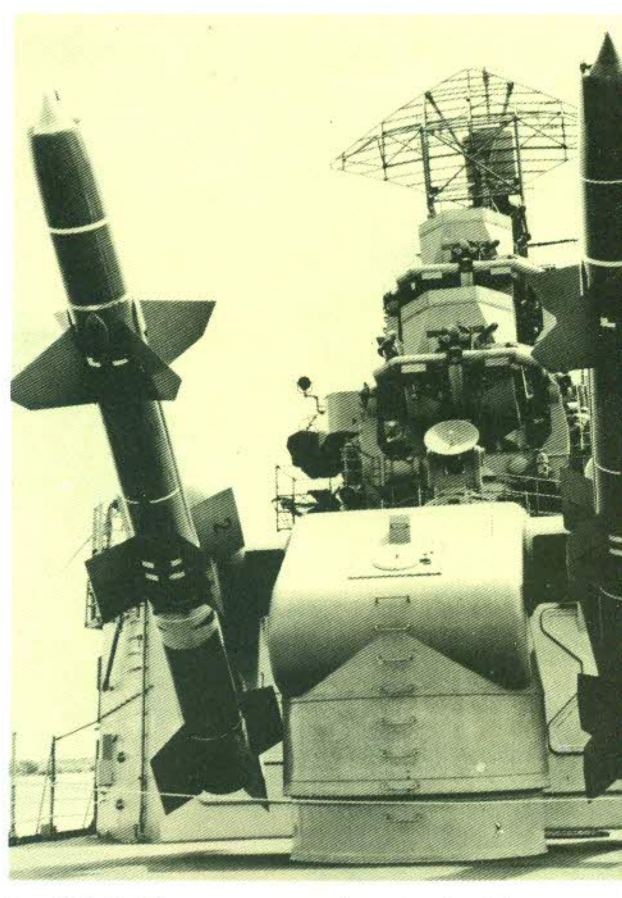
Una de las primeras familias de misiles de defensa aérea del ejército de los USA: de izquierda a derecha: Nike Ajax, Nike Hércules y Nike Zeus.

del ejército contra ataques aéreos a baja altura. El Redeye americano, que se montaba en un tubo, se disparaba desde el hombro y estaba diseñado para hacer impacto de forma automática en el motor caliente de un avión lanzado al ataque. El equivalente soviético –el SA-7 Grail– tiene un alcance de 2,9 a 4 kms. Gran Bretaña ha producido el Blowpipe, un proyectil similar a los anteriores pero que es seguido por el operador mediante un telémetro y dirigido por señales de radio.

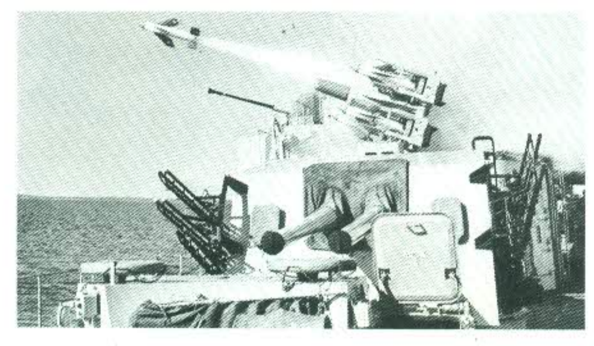
Los años de la posguerra también asistieron a un mayor crecimiento en las exportaciones de armamento mientras las principales potencias maniobraban sobre el tablero de ajedrez de la influencia mundial. El misil soviético superficie-aire SA-2 Guideline, además de ser implantado en los países miembros del Pacto



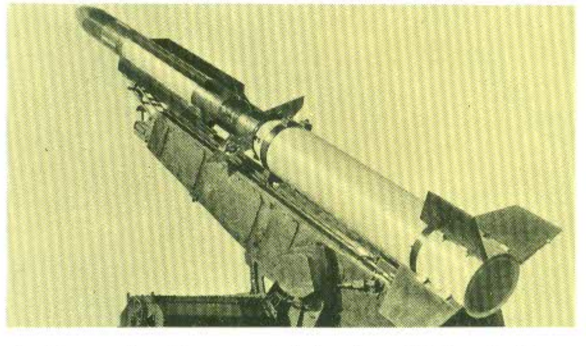
El misil superficie-aire Bomarc del Mando de Defensa Aérea de las USAF que podía alcanzar una velocidad de Mach 4 y alturas superiores a los 30.000 metros.



Derecha: Misiles superficie-aire Talos de la marina americana fotografiados en un lanzacohetes embarcado.



Un Seacat, misil británico antiaéreo de corto alcance, es disparado desde el barco sueco Sodermanland.



El Masurca, uno de los primeros misiles superficie-aire franceses, fue instalado en las fragatas Suffren y Duquesne.

de Varsovia, fue suministrado a Cuba, Indonesia, Vietnam del Norte y algunos países del Oriente Medio. Una versión Mk 2 suministrada a Egipto entró en acción contra la Fuerza Aérea Israelí durante la Guerra de los Seis Días de 1967.

En la Guerra de Yom Kippur de 1973, los pilotos israelíes se encontraron con un gran despliegue de proyectiles soviéticos antiaéreos. Mientras que las baterías de misiles SA-2 Guideline atacaban a sus aviones a larga distancia, los SA-3 Goa se encargaban de los blancos que atacaban a baja altura. Un misil antiaéreo relativamente nuevo, el SA-6, era disparado desde emplazamientos triples sobre vehículos pesados que avanzaban con la infantería egipcia prestándole una efectiva cobertura. De los 104 aviones derribados a los israelíes en 1973 sobre el Sinaí, se cree que al menos 100 fueron alcanzados por misiles enemigos aire-aire o tierra-aire.

Misiles tácticos

Los proyectiles de campaña incluyen cohetes de gran tamaño, no guiados y con carga explosiva convencional, cabezas químicas o nucleares, lanzados desde chasis con ruedas u orugas. Los ejemplos americanos son el MGR-1B Honest John, el MGR-3A Little John y el MGM-52B/C Lance. La Unión Soviética ha producido toda una familia de dichos proyectiles conocidos en occidente como "Cohete no guiado terrestre" (FROG). Misiles más complejos de alcance medio —algunos capaces de dispararse cerca de las zonas de combate— también se han desarrollado rápidamente.

Desde un principio, la Unión Soviética se ha concentrado en la producción de misiles tácticos con gran movilidad. Esta movilidad se obtiene mediante montaje sobre vehículos todo-terreno que pueden ocultarse en bosques y zonas selváticas. Los misiles, colocados en posición vertical de disparo por el elevador hidráulico del vehículo que lo transporta, son situados en una pequeña rampa de lanzamiento y disparados por control remoto. Los ejemplos más típicos llevan el nombre codificado por la

OTAN de Scud A y Scud B; los Scaleboards tienen mucho mayor alcance. Los Estados Unidos han producido los Redstone, Corporal, MGM-29A Sergeant y MGM-31A Pershing. Los primeros misiles eran guiados por haz, es decir que "cabalgaban" sobre un haz de ondas de radio en línea con el objetivo; otros eran guiados por radio control. Tales sistemas, sin embargo, son vulnerables a las contramedidas electrónicas y fueron rápidamente reemplazados por sistemas de dirección inerciales con instrucciones sobre el objetivo preestablecidas que no pueden ser interferidas. El MGM-13B Mace –un misil táctico con forma de avión sin piloto disparado desde rampa– llevaba un sistema direccional de comparación tipográfica del terreno Goodyear Atran, un antepasado de los sistemas de comparación del terreno altamente avanzados empleados en los últimos modelos americanos de misiles crucero de vuelo rasante.

Francia también ha desarrollado su propio misil superficie-superficie, el Pluton. Este proyectil altamente efectivo con combustible sólido tiene guía inercial y opera desde el vehículo con tracción a orugas AMX-30.

El soldado de infantería tampoco ha sido descuidado. Para afrontar el desafío de los nuevos carros de combate, se ha introducido una amplia gama de misiles contra-carro en todos los ejércitos del mundo. El MGM-51A Shillelag –desarrollado por el ejército de los Estados Unidos– era disparado por una combinación de arma y disparador transportado por diferentes vehículos, incluyendo el vehículo de reconocimiento General Sheridan, carro de combate ligero, y el tanque medio M60A1E2. El propio misil tenía aletas y era dirigido mediante la deflección del tubo de escape del cohete propulsor mediante señales provenientes de un sistema de dirección por microondas. El operador mantenía su campo óptico fijo en el objetivo y el misil respondía de forma automática. El mismo lanzador podía disparar munición convencional de 152 mm.

Otro significativo proyectil contra-carro americano es el MGM-71A, disparado por cañón, apuntado ópticamente y guiado por ondas telegráficas (TOW). El misil y su disparador montado en un trípode pueden ser manejados por dos hombres. Su alcance efectivo es de 1.830 metros. En Vietnam, el TOW se utilizaba en contenedores de lanzamiento transportados por helicópteros Huey. Todo lo que el "artillero" debía hacer era enfocar el blanco, por ejemplo un camión de abastecimiento, entre los hilos de la retícula de su mira estabilizada. Antes de disparar el misil, el piloto del helicóptero podía realizar limitadas maniobras evasivas y aun así el proyectil daría en la diana a una distancia de 3.000 metros. En cuatro semanas, dos helicópteros se cobraron 47 objetivos, incluyendo la destrucción de 24 carros de combate enemigos.

Igualmente efectivo es el misil contra-carro británico Swingfire. Propulsado por un cohete de dos etapas, cubre una distancia de 4.000 metros en 25 segundos, si bien no es tan rápido como el TOW o el euromisil HOT. Las señales de mando generadas por el mando digital son transmitidas a través de finos alambres (con una fuerza límite de 10,4 kgs.) y el misil es programado automáticamente según la línea de disparo del operador. Los cambios de rumbo se realizan mediante un "jetavator" giratorio terminado en cola. La cabeza de alto explosivo contra-carro (HEAT), consiste en una carga hueca en un cono de cobre que puede perforar un blindaje de 56 cms. de espesor.

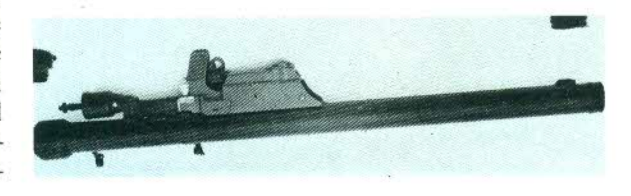
Cuando las tropas egipcias atravesaron el Canal de Suez el 6 de octubre de 1973, las unidades especiales trabaron combate con los carros de combate israelíes con misiles Sagger de construcción soviética que extraían de contenedores parecidos a una maleta. Con este proyectil, la infantería egipcia ajustaba la cabeza explosiva al cuerpo del misil y desplegaba las aletas estabilizadoras. Se instala un rail de lanzamiento sobre la tapa del contenedor y el



Emplazamiento de Bloodhounds del Escuadrón núm. 30 de misiles superficie-aire (SAM) en la base de la RAAF en Williamtown, Nueva Gales del sur, Australia.

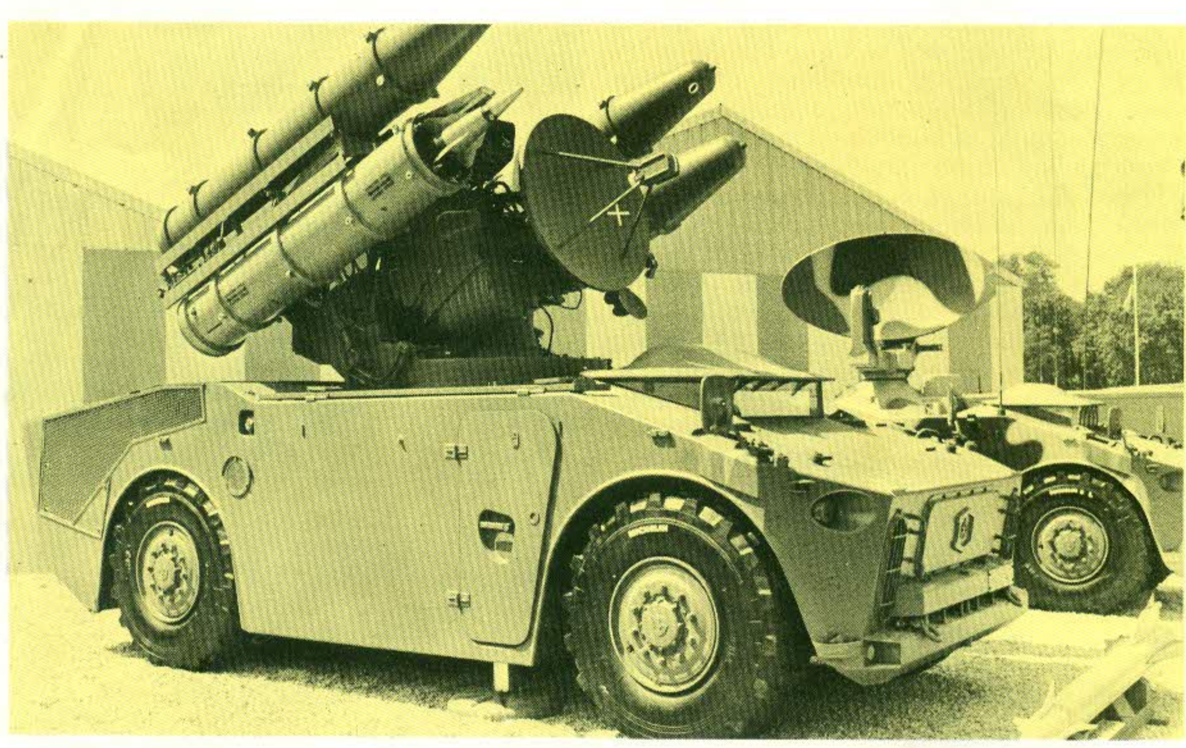


El SA-7 Grail es el equivalente soviético del Redeye del ejército norteamericano. Se utiliza para la defensa de pequeñas unidades contra helicópteros y aviones a baja altura. También lo utilizan algunos movimientos guerrilleros apoyados por la URSS.



La necesidad de defender a las pequeñas unidades de infantería de los ataques de aviones enemigos a baja altura llevó a la construcción del Blowpipe, un proyectil supersónico inglés portátil. Cuando el Blowpipe es disparado, un conjunto estabilizador de cola deslizante encaja en la parte posterior del misil cuando éste sale del tubo lanzador. Es guiado por radio mediante un pulsador.

Sagger se monta sobre él. Las conexiones de los cables pueden entonces establecerse con una unidad de tiro que el operador utiliza para lanzar y guiar el misil conjuntamente con el colimador óptico y una palanca de mando. Con este tipo y otros de proyectiles se destruyeron aproximadamente 200 carros israelíes en un solo día.



Misiles antiaéreos Crotale. Este sistema francés altamente compacto, antiaéreo y para todo tiempo fue el resultado de un requerimiento surafricano bautizado como Cactus. Un sistema similar ha sido adoptado por la Fuerza Aérea francesa para la defensa de bases aéreas contra aviones de ataque a baja cota y gran velocidad. Un sistema completo de misiles Crotale comprende hasta tres vehículos de ruedas: dos son vehículos que combinan el lanzamiento y la dirección del proyectil y el otro es un vehículo encargado del seguimiento por radar. Los misiles tienen un alcance efectivo que va desde los 500 metros a los 8,5 kms. contra aviones volando a velocidad supersónica atacando objetivos terrestres.

Un sistema soviético particularmente efectivo contra aviones de ataque a baja cota es el SA-3 Goa. Opera con control de tiro por radar en banda X y conocido en el código OTAN como Low Blow, y asociado con un radar Flat Face que localiza los objetivos que se aproximan. Junto con el misil SA-2 Guideline este sistema ha sido empleado extensamente en el sureste asiático y en el Medio Oriente. El Sa-N-1, su versión naval, ha sido ampliamente desplegada por la flota soviética en sus buques de clase Kashkin, Kotlin, Kresta I y Kynda, empleando diferentes métodos de detección y situación del objetivo y radares de control de tiro, aunque ya ha sido reemplazado por el SA-N-3 Globet.

EXPLORACION ESPACIAL Y COHETES

Misiles aire-aire

Durante la Segunda Guerra Mundial, Alemania dedicó grandes esfuerzos al desarrollo de los proyectiles guiados aire-aire.

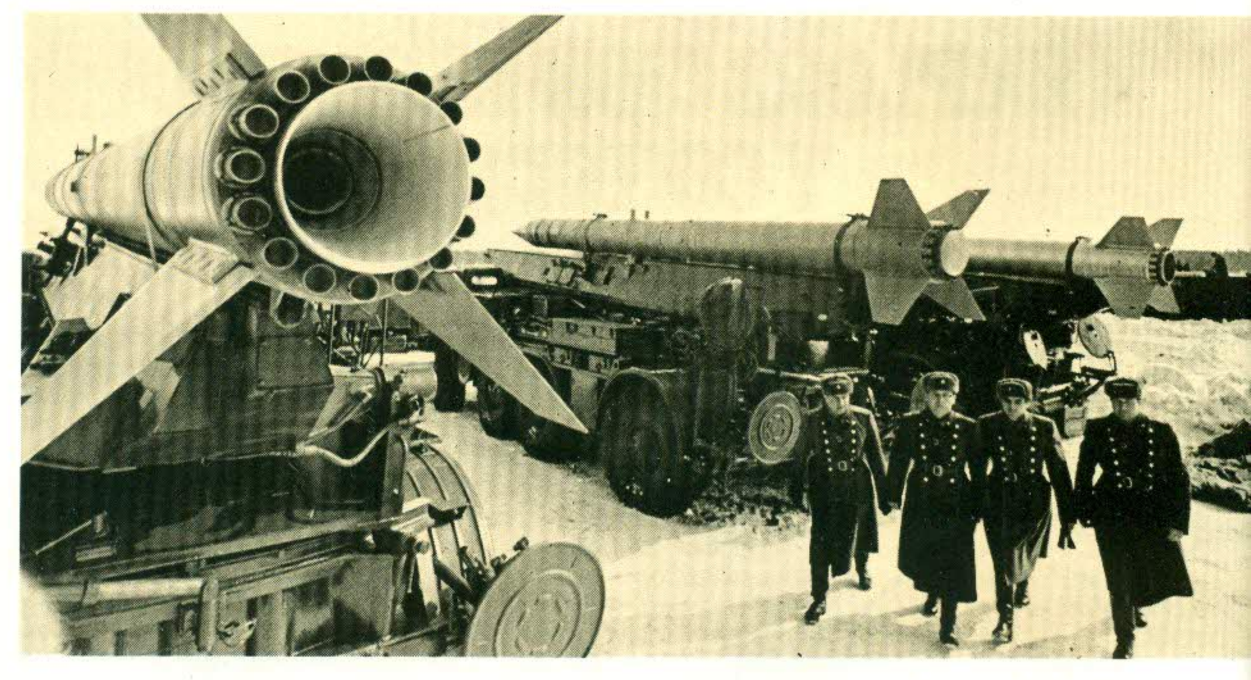
El Henschel Hs. 298 de 90,7 kg. entró en producción en el año 1945, cuando la guerra tocaba a su fin. Era un pequeño monoplano de ala en flecha equipado con un motor de combustible sólido de doble combustión con propelentes de combustión rápida y lenta para aceleración y vuelo sostenido respectivamente. Su velocidad máxima era de Mach 0.8.

Lanzado desde una distancia no mayor de 1,6 km. del blanco deseado era controlado por radio y estaba equipado con una cabeza explosiva detonada mediante una espoleta de proximidad.

Un arma más avanzada era el Ruhrstahl X-4, que disponía de una especie de guía autobuscadora y un alcance máximo de aproximadamente 3,2 km. Al igual que otras armas alemanas dirigidas era impermeable a las emisiones de interferencias debido a que las señales de mando eran transmitidas a través de

El Mace, una "bomba volante" modernizada y con forma de avión, era transportado hasta el lugar del lanzamiento en un vehículo que cumplía funciones de transporte y lanzador. Su planta motriz era un turborreactor Allison J33-41, asistido con un cohete propulsor debajo de la cola.




Misiles tácticos FROG soviéticos durante maniobras militares realizadas en Minsk. Estos misiles son utilizados por los países del Pacto de Varsovia, Egipto y Siria.



El Lance, del ejército de los USA, fue diseñado para reemplazar a los misiles tácticos Honest John y Sergeant. Lleva propelentes líquidos pre-almacenados. Su alcance máximo es de aproximadamente 120 kms. Es el proyectil elegido para la instalación de cabezas nucleares de radiación intensiva, la llamada "bomba de neutrones".


El MGR - 3 Little John, un cohete de artillería de combustible sólido y aerotransportable, podía llevar cabeza nuclear o convencional.

alambres aislados muy finos de 0,2 milímetros, que se desenrrollaban de carretes dispuestos en las alas y conectadas al avión lanzador.

El misil, que tenía alas cruciformes, alabeaba y guiñaba mandando por espoiler (deflectores) actuados por solenoides dispuestos en los planos de cola. Durante el vuelo normal, estos dispositivos vibraban a 5 ciclos por segundo pero, con el fin de alterar el rumbo de vuelo, se hacían actuar asimétricamente mediante señales de mando emitidas desde el avión de lanzamiento.

La variante más pequeña, denominada X-7, fue diseñada por el mismo equipo para ser lanzada desde el aire contra blancos terrestres.

Las lecciones aprendidas en Alemania fueron rápidamente aplicadas por los Estados Unidos de América, la URSS, Gran Gretaña y Francia. Ejemplos de los primeros misiles norteamericanos aire-aire fueron el AIM-4E/F Falcon, que equipó a los cazas interceptadores F-101, F-102 y F-106 y el AIM-7E Sparrow IIIB, que se convirtió en el armamento estándar de los F-4 Phantom.

Estos dos tipos de misiles emplean radares buscadores semi-activos y dependen de las radiaciones de radar de onda continua dirigidas desde el avión de lanzamiento respondiendo a las reflexiones del blanco perseguido. Por otra parte, el Sidewinder estaba equipado con un buscador infrarrojo (IR) que dirigía al misil hacia cualquier fuente de calor de una cierta intensidad, tales como un motor o sus escapes.

La Unión Soviética replicó con un gran misil de combustible sólido (cuyo nombre en código OTAN es el de Alkali) con el que se equipaban todas las versiones del MiG-19. Al igual que el Sparrow y el Falcon, actuaba a partir de ecos radar del blanco.

Generalmente los diseñadores soviéticos han tendido a desarrollar dos versiones de sus misiles de aire-aire, una con cabeza buscadora de radar semi-activos y otra con una cabeza buscadora IR. Las dos versiones son instaladas en el mismo interceptador con objeto de au-

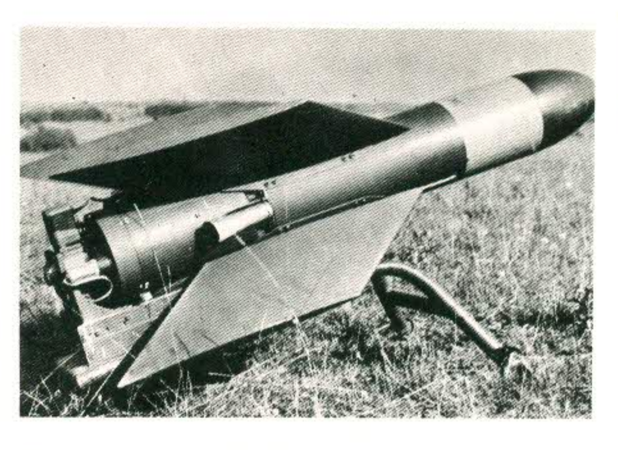
mentar la probabilidad ofensiva. Por ejemplo, el Yak-28P lleva dos versiones del Anab, igual que los interceptadores todo tiempo Su-9 y Su-11. El Tu-28P puede acomodar cuatro AA-5 Ash mayores, dos con búsqueda radar y dos con sistema IR.

También Gran Bretaña se ocupó del armamento de misiles durante las décadas de 1950 y 1960. El Firestreak, un arma de persecución con sistema IR, se convirtió en operativo sobre los interceptadores Lightning y Sea Vixen. Le siguió el Red Top, guiado por sistema IR, que podía atacar prácticamente desde cualquier dirección mediante un sistema de guía IR de colisión frontal.

La primera generación de misiles aire-aire franceses, el Matra R.511, dependía de un radar buscador semi-activo bastante imperfecto y era utilizado por interceptadores Vautour y Mirage IIIC. Fue superado por el Matra 530, un arma mucho más efectiva que no limitada solamente a ataques de persecución. Al igual que los Anab y Ash rusos, se fabricó en las dos versiones de rigor, es decir con sistema de radar buscador y con sistema de guía IR.

Una de las armas más prometedoras de la nueva generación de misiles aire-aire es el Skyflash, adaptación británica del bien probado Sparrow. Utilizando un radar buscador semiactivo nuevo y avanzado, está diseñado para atacar blancos desde el nivel del mar hasta grandes alturas y puede picar para interceptar aviones que vuelen más bajo. Se afirma que será particularmente efectivo en los ambientes de guerra electrónica donde el enemigo está utilizando "jammers" (perturbadores de ondas, productores de interferencias) y otros ingenios similares.

El misil Matra Magic de "dogfight" (combate evolucionante) que puede maniobrar a niveles muy altos de "g" constituye, asimismo, otro ejemplo sumamente prometedor.



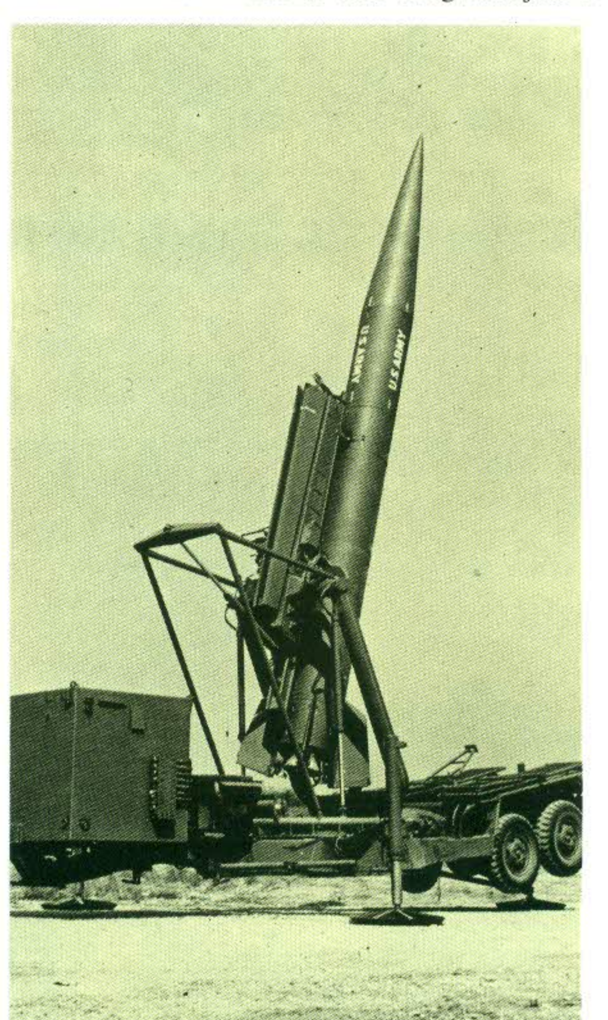
El notable misil francés SS-11, antitanque y guiado por ondas telegráficas. Se produjeron más de 160.000 misiles para numerosos países.

Misiles aire-superficie

Alemania desempeñó un papel relevante en el desarrollo de misiles dirigidos contra embarcaciones enemigas durante la Segunda Guerra Mundial cuando fueron utilizadas bombas planeadoras contra los buques mercantes aislados.

El Hs. 293, pequeño monoplano, iba equipado con un motor cohete suspendido que le proporcionaba un empuje de 590 kg. durante 12 segundos. La velocidad máxima que alcanzaba era de aproximadamente 600 km/hora.

Lanzado a una distancia que oscilaba entre 8 y 9,7 km. del objetivo, el Hs 293 era controlado por radio desde el avión de lanzamiento desde el que el piloto seguía visualmente el rastro del misil mediante una bengala sujeta a



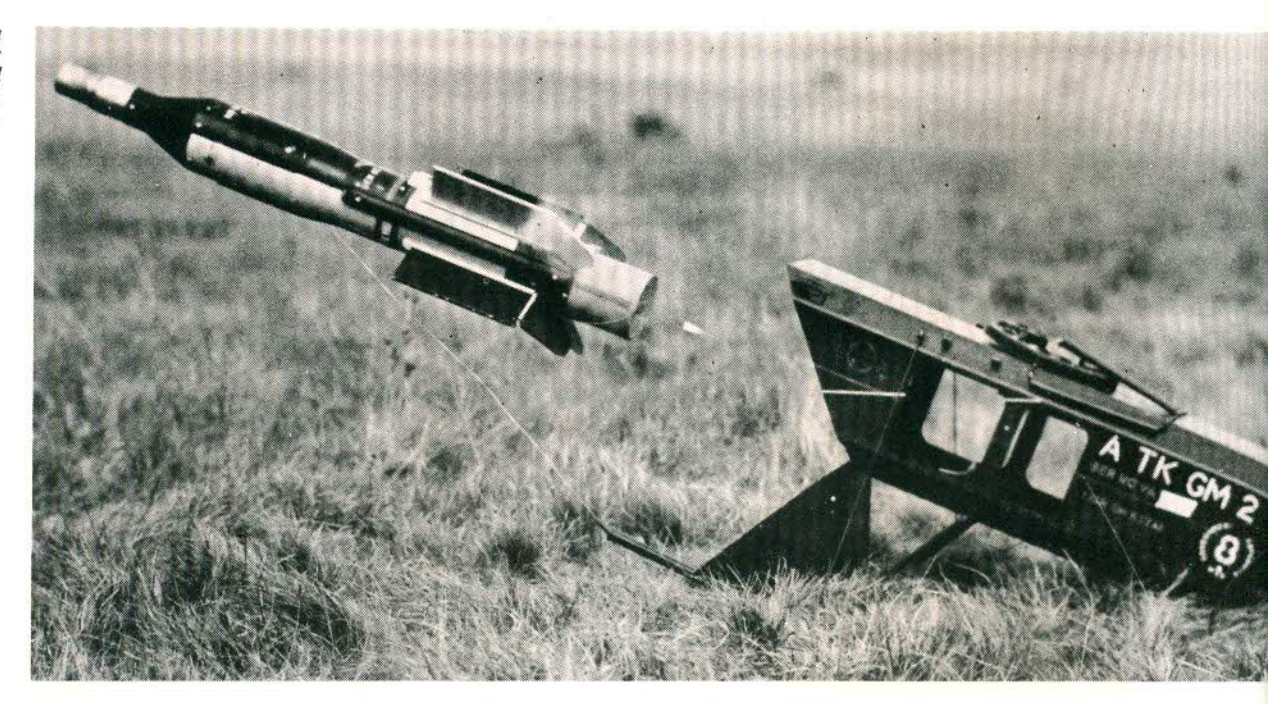
El misil Sergeant del ejército de los USA. Este misil de artillería de alcance medio entró en operaciones en 1962, era aerotransportable y podía ser emplazado rápidamente y disparado por un equipo de seis hombres. El tiempo de reacción más rápido conseguido sobre proyectiles anteriores se obtenía por la utilización de propelente sólido, un equipo de manejo terrestre reducido y el empleo de electrónica digital. El proyecto nació en el Laboratorio de Propulsión a Reacción que previamente había desarrollado el misil superficie-superficie Corporal de propelente líquido.



Izquierda:
Tropas soviéticas fotografiadas mientras realizan maniobras militares con misiles tácticos SCUD B. Los misiles son elevados para su lanzamiento vertical desde una pequeña rampa de despegue.

los planos de cola del Hs 293. Asimismo, se realizaron experimentos en los que se utilizaba un rudimentario sistema de televisión, a fin de proporcionar a la tripulación del avión de lanzamiento una visión desde el misil, del objetivo al que se aproximaba. Incluso existía un proyecto para controlar el relativamente largo recorrido de planeo de los misiles mediante transmisión alámbrica a fin de impedir a los aliados la interferencia de las señales de mando. El Hs 295, desarrollado en el año 1944, fue una versión aumentada del anterior.

El Hs 294 era un arma muy avanzada diseñada para atacar a los buques enemigos en forma muy particular. Luego de ser visualmente guiado por radio desde el avión de lanzamiento, el misil se zambullía en el mar a unos 50 m. del buque objetivo, desprendiendo las alas y el motor del cohete a fin de completar su ataque por debajo del agua. Era explosionado debajo de la línea de flotación por la acción de una espoleta de proximidad o automáticamente a una profundidad predeterminada.



El misil contracarro Vigilant era un desarrollo británico. Podía ser transportado fácilmente y con él un hombre podía destruir un carro de combate pesado.

Misiles significativos de la era de posguerra

ABREVIATURAS

H.e.: high explosive (chemical): alto explosivo (químico).
KT: kilotón, poder explosivo equivalente a 1.160 toneladas de TNT.
LOS: line-of-sight: visual.
MT: megation: megaton, equivalente a 1.160.000 toneladas de TNT.
MIRV: múltiple, independently, targetable re-entry vehicle: vehículo de reentrada orientable, independiente y múltiple.
RV: re-entry vehicle: vehículo de reentrada (a la atmósfera).
SAC: semi-active command: guía semi-activa.
SAR: semi-active radar: radar semi-activo.
SD: snap down: capacidad de seguimiento hacia abajo.
SV: snap up: capacidad de seguimiento hacia arriba.
TTR: target-tracking radar: radar de seguimiento del blanco.
TV: guía por televisión.
TVC: thrust vector control: control vectorial de empuje.

Misiles tierra - aire

Designación - País	Longitud m.	Diámetro cm.	Envergadura cm.	Peso kg.	Alcance km.	P: Propulsión; SG: Sistema de guía; C: Control; CE: Cabeza explosiva
Crotale Francia Lanzamiento de tubo desde vehículo oruga blindado	2,89	15	54	80-85	0,5-8,5	**P:** cohete sólido **SG:** radio **C:** aletas cruciformes tipo canard **CE:** H.e., fragmentación, espoleta infrarroja de proximidad
Roland I Alemania Radar, Roland II	2,40	16	50	65	0,2-6,3	**P:** cohete acelerador de combustible sólido **SG:** autodirección infrarroja, luego SAC hasta LOS. **C:** deflector en la tobera del motor **CE:** H.e., con 65 cargas de proyectiles de espoleta de proximidad

RBS 70 Suecia Lanzamiento por tubo sostenido en un trípode por un infante Altitud: 3 km.	1,32	10,6	s. datos	23,5	5	**P:** cohete acelerador de combustible sólido (eyectable), crucero por cohete de combustible sólido. **SG:** láser. Localizador de blancos por sistema óptico estabilizado **C:** aletas traseras cruciformes **CE:** H.e., prefragmentada, espoleta de impacto o por proximidad mediante láser.
Bloodhound Mk 2 Reino Unido Velocidad: Mach 2 ; Altitud: sin datos	7,67	54,6	282	s. datos	3	**P:** cuatro cohetes aceleradores de combustible sólido; dos estatorreactores Thor **SG:** radar semi-activo de onda continua **C:** alas pivotantes **CE:** H.e., espoleta de proximidad
Blowpipe Reino Unido Velocidad: 1,5; Altitud: 1.500 m. Lanzamiento por tubo sostenido al hombro	1,34	7,6	27,4	s. datos	3	**P:** cohete acelerador de combustible sólido crucero de combustible sólido **SG:** óptivo/televisivo por radio **C:** aletas cruciformes tipo canard **CE:** H.e., fragmentación espoletas de impacto
Rapier Reino Unido Velocidad: Mach 2 ; Altitud: 3.000 m.	2,24	12,7	38	42,5	0,5 -7	**P:** cohete de combustible sólido de doble combustión **SG:** SAC a LOS, óptico o mediante radar Blindfire **C:** aletas traseras cruciformes **CE:** H.e., carga hueca, espoleta de impacto
Seacat/Tigercat Reino Unido El Seacat puede equipar una amplia variedad de buques, incluyendo cruceros, destructores y fragatas. El Tigercat tiene una versión para lanzamiento desde tierra.	1,47	19	64	63-68	5 o más	**P:** empuje de doble combustión por propelente sólido **SG:** radio o visual (autodirección TV) **C:** alas cruciformes **CE;** H.e., espoleta de proximidad
Sea Dart (CF-299) Reino Unido Velocidad: Mach 3.5; Altitud: 25.000 m. Destructores tipo 42 de la Royal Navy Destructores tipo 82	4,36	42	91	550	más de 80	**P:** cochete acelerador de combustible sólido, estatorreactor Odin **SG:** radar semi-activo **C:** aletas traseras cruciformes **CE:** H.e., fragmentación, espoleta de proximidad
Seaslug Mk 2 Reino Unido Altitud: 15.000. Ultimos cuatro destructores clase Country de la Royal Navy	6,1	41	144	s. datos	45 o más	**P:** cuatro cohetes aceleradores de combustible sólido, crucero por combustible sólido **SG:** infrarrojo de autodirección/visual **C:** aletas traseras cruciformes **CE:** H.e., espoleta de proximidad
Seawolf (PX 430) Velocidad: 800 m/seg. Lanzador autocontrolado de seis tubos. Fragatas tipo 22 y clase Leaudor de la Royal Navy	2,0	19	56	80-84	5	**P:** cohete de combustible sólido y doble combustión **SG:** semi-activo a visual/TV más TTR. **C:** aletas traseras cruciformes **CE:** H.e., espoleta por impacto y por proximidad
Thunderbird Mk 2 Reino Unido Velocidad: Mach 2 . Altitud: sin datos	6,34	53	162	s. datos	50-80	**P:** cuatro cohetes aceleradores de combustible sólido, crucero por combustible sólido **SG:** radar buscador semi-activo **C:** aletas traseras cruciformes **CE;** H.e., espoleta de proximidad
Improved Hawk **MIM-23B** Estados Unidos Velocidad: Mach 2.5; Altitud: 30/18.000 m.	5,08	37	120	625	40	**P:** propelente sólido y doble combustión **SG:** radar buscador semi-activo de onda constante **C:** elevones en alas delta de gran cuerda **CE:** H.e., fragmentación explosiva
Nike Hercules **MIM-14B** Estados Unidos	12,70	88	228	4.800	30-150	**P:** cuatro cohetes aceleradores de combustible sólido, crucero por combustible sólido **SG:** radar **C:** elevones en alas delta de gran cuerda **CE:** H.e., fragmentación o nuclear
Red Eye FIM-43 A Estados Unidos Altitud: 2.500 m.	1,2	7,0	14,0	8,2	3,4	**P:** cohete de doble combustión **SG:** buscador infrarrojo, visor óptico **C:** aletas cruciformes tipo canard desplegables **CE:** H.e., fragmentación, envoltura lisa
SAM-D XMIM-104A Estados Unidos Sustituto del Hawk y el Kike-Hércules. Velocidad Mach 3	5,18	40,6	92	s. datos	s. datos	**P:** cohete de combustible sólido **SG:** radar buscador semi-activo **C:** aletas traseras cruciformes **CE:** H.e., espoleta de proximidad
Standard ER RIM-67A Estados Unidos Velocidad: Mach 2.5 ; Altitud: 20.000 m. Cuatro misiles sobre un vehículo de orugas (4730)	8,23	35	157	1.360	56	**P:** cohete acelerador de combustible sólido, crucero por combustible sólido **SG:** radar semi-activo **C:** aletas traseras cruciformes **CE:** H.e., espoleta de proximidad
Stinger XFIM-92A Estados Unidos	1,52	7,0	9,0	15,1	4,8	**P:** empuje propelente sólido y doble combustión **SG:** navegación proporcional por buscador infrarrojo **C:** aletas desplegables cruciformes **CE:** H.e., fragmentación, envoltura lisa
Guideline SA-2 Unión Soviética Altitud: 18.288 m.	10,6	51	170	2.300	40-50	**P:** cohete acelerador de combustible sólido, crucero por combustible líquido **SG:** radio automático, seguimiento del blanco por radar **C:** aletas gobernables cruciformes **CE:** H.e., 130 kg.
Goa SA-3 Unión Soviética Altitud: 12.192 m.	6,7	45,7	122	s. datos	25 -30	**P:** cohete de combustible sólido y dos etapas **SG:** radio, seguimiento final por radar **C:** aletas delanteras cruciformes gobernables **CE:** H.e.

Ganef SA-4 Unión Soviética Altitud: 18.000 m. Dos montados sobre un lanzador en un vehículo de orugas	9,1	80	228,6	1.000	70	**P:** estatorreactor integral, cuatro cohetes aceleradores de combustible sólido **SG:** radio **C:** alas cruciformes gobernables **CE:** H.e.
Gammon SA-5 Unión Soviética Altitud: 30.000 m.	16,4	86	365	s. datos	más de 160	**P:** acelerador de propelente sólido, crucero por propelente sólido **SG:** radio, radar buscador semi-activo **C:** aletas cruciformes gobernables y alerones montados en las alas **CE:** H.e.
Gainful SA-6 Unión Soviética Velocidad: Mach 2.8; Altitud: 100/18.000 m. Triple lanzador montado sobre un carro PT 76 modificado	6,2	33,5	124	550	59,5	**P:** estatorreactor integral de combustible sólido, cohete acelerador de combustible sólido **SG:** radio, radar buscador semi-activo **C:** alas cruciformes gobernables **CE:** H.e., 80 kg.
Grail SA-7 Unión Sovietica Velocidad: Mach 1.5; Altitud: 45/1.500 m.	1,35	7	s. datos	s. datos	2,9-4,0	**P:** cohete acelerador/crucero de combustible sólido **SG:** buscador infrarrojo, apuntando ópticamente **C:** alas cruciformes gobernables desplegables y derivas **CE:** H.e., 2,5 kg., probablemente de fragmentación
Gecko SA-8 Unión Soviética Altitud: 50/6.000 m. Sobre un vehículo anfibio de seis ruedas	3,2	20,2	64	s. datos	12,0	**P:** cohete de combustible sólido y dos etapas **SG:** radar **C:** planos frontales y aletas cruciformes tipo canard **CE:** H.e.
Gaskin SA-9 Unión Soviética	s. datos	s. datos	s. datos	s. datos	5	**P:** motor cohete de propelente sólido **SG:** buscador infrarrojo **C:** planos de cola y alas cruciformes **CE:** H.e., dos contenedores cuadrados sobre un BRDM modificado

Misiles aire-aire

Rb 72 Suecia	2,60	17,5	60	110	8	**P:** cohete de combustible sólido **SG:** infrarrojo **C:** aletas traseras cruciformes **CE:** H.e.
Magic R.550 Francia Misil de combate envolvente, alta capacidad de maniobra a elevados números de g	2,74	15,7	66	90	0,3-7,0	**P:** cohete de combustible sólido **SG:** infrarrojo (reacción rápida) **C:** aletas cruciformes tipo canard **CE:** H.e., espoleta de impacto y por proximidad IR.
Super R.530 Francia Altitud: 21.300 m.; Velocidad: Mach 4.5	3,54	26	90	200	29-35	**P:** cohete de combustible sólido y doble combustión **SG:** radar semi-activo **C:** aletas traseras cruciformes **CE:** H.e., más espoleta de proximidad
Red Top Reino Unido Velocidad: Mach 3.0	3,277	22,1	91	150	11	**P:** cohete de combustible sólido **SG:** infrarrojo **C:** aletas traseras cruciformes **CE:** H.e.
Skyflash Reino Unido Basado en el fuselaje del Sparrow	3,66	20,3	102,3	192,8	25,5	**P:** cohete de propelente sólido **SG:** radar buscador semi-activo (capacidad SU y SD) **C:** alas cruciformes **CE:** H.e., más espoleta de proximidad por radar
Falcon AIM26B, HM55, R627 Estados Unidos Velocidad: Mach 2.0	2,13	27,9	61	115	8-10	**P:** cohete de combustible sólido **SG:** radar buscador semi-activo **C:** aletas traseras cruciformes **CE:** H.e. (AIM-26B), nuclear (AIM-26A)
Phoenix AIM-54A Estados Unidos Velocidad: Mach 5.0 . En el F-14A	3,96	38	91,4	380	200 o más	**P:** cohete de propelente sólido **SG:** durante el crucero: radar semi-activo, en los últimos 16 km. radar activo **C:** aletas traseras cruciformes **CE:** H.e., espoletas de proximidad y contacto
Sidewinder IC, AIM-9C/D Estados Unidos Velocidad: Mach 2.5	2,92	12,7	63,5	84	10-18	**P:** cohete de combustible sólido **SG:** radar semi-activo (AIM-9C), infrarrojo (AIM-9D) **C:** aletas tipo canard, triangulares cruciformes **CE:** H.e., más espoletas de contacto
Sparrow AIM-7E Estados Unidos Velocidad: Mach 4.0. Tiene también aplicación tierra-aire	3,65	20	102	205	25-50	**P:** cohete de propelente sólido **SG:** radar semi-activo, de onda continua **C:** alas cruciformes **CE:** H.e., espoletas de proximidad y contacto
Accrid AA-6 Unión Soviética Velocidad: Mach 3	5,90	36	225	650-850	37	**P:** cohete de propelente sólido **SG:** infrarrojo o buscador por radar **C:** aletas cruciformes tipo canard **CE:** H.e., 100 kg.

Apex AA-7 Unión Soviética	4,30	24	105	s. datos	28	**P:** cohete de propelente sólido **SG:** infrarrojo, o buscador por radar **C:** aletas traseras cruciformes **CE:** H.e.
Aphid AA-8 Unión Soviética	2,10	s. datos	s. datos	s. datos	5-8	**P:** cohete de propelente sólido **SG:** infrarrojo, o buscador por radar **C:** aletas cruciformes tipo canard **CE:** H.e.

Misiles aire-tierra

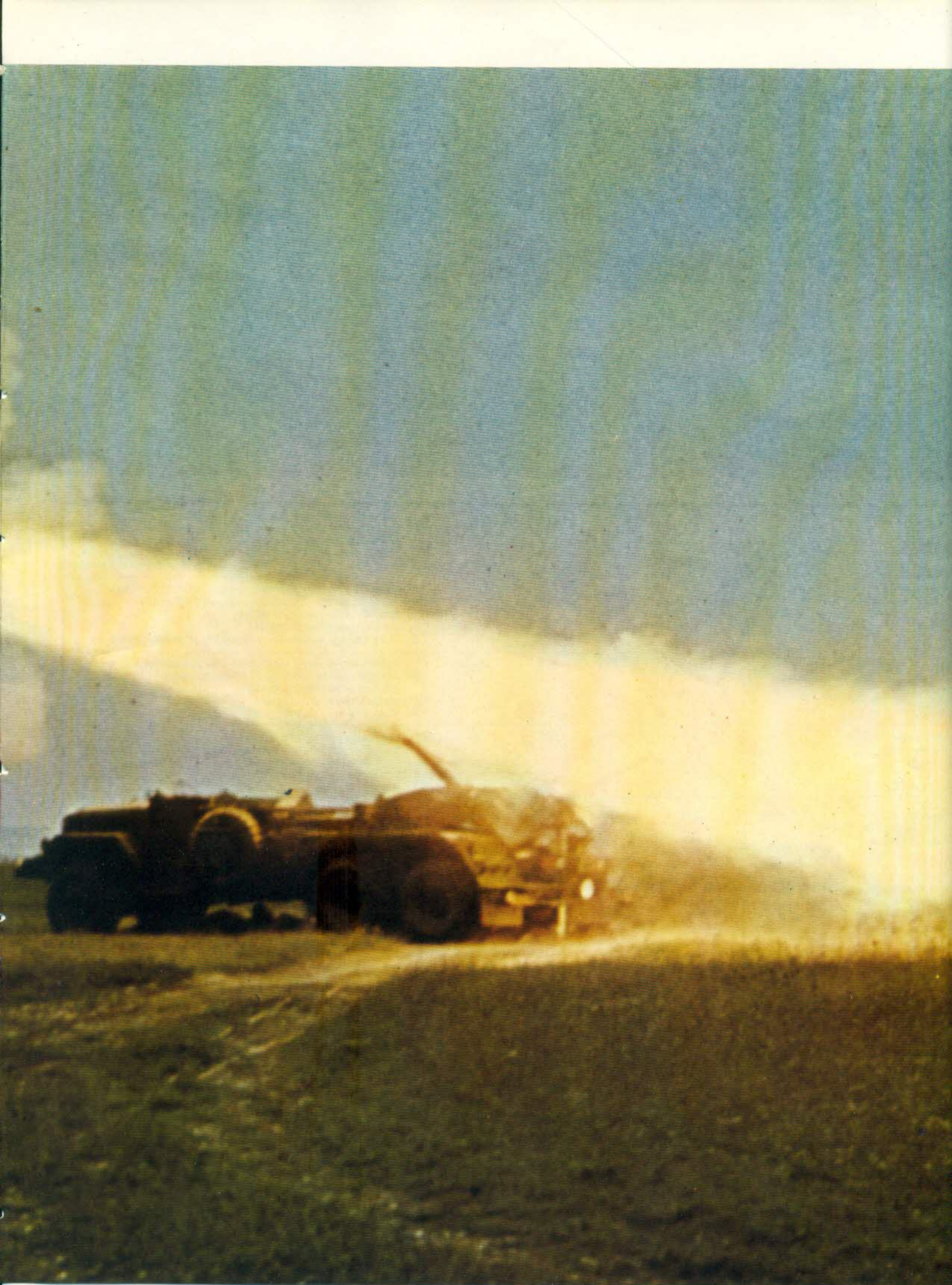
AS-30 Francia	3,78	34,2	100	520	2-3	**P:** cohete acelerador de combustible sólido, crucero por cohete de combustible sólido **SG:** radio, los últimos modelos: SAC hasta LOS. **C:** deflectores en el flujo del motor **CE:** H.e., 230 kg., multiuso o espoleta pentrante semi-blindada
Martel AS-37 Francia El Martel AJ. 163 (de 3,9 m.) tiene guía por radio y TV.	4,16	40	120	120	30	**P:** cohete acelerador de combustible sólido, cohete crucero de combustible sólido **SG:** radar buscador pasivo **C:** aletas traseras cruciformes **CE:** H.e., 150 kg., espoleta de proximidad
Bullpup A (AGM-12B) Estados Unidos	3,20	30,5	101	258	11	**P:** cohete de combustible líquido almacenable **SG:** radio **C:** aletas cruciformes tipo canard **CE:** H.e., 113 kg.
Maverick (AGM-65) Estados Unidos	2,46	30,5	71	210	25-30	**P:** cohete de combustible sólido **SG:** buscador automático por TV, o láser IR semi-activo **C:** aletas traseras cruciformes **CE:** H.e., 59 kg.
Shrike (AGM-45A) Estados Unidos	3,05	20,3	91,4	177	16	**P:** cohete de combustible sólido **SG:** buscador por radar pasivo **C:** alas cruciformes **CE:** H.e., fragmentación
Standard Arm (AGM78) Estados Unidos	4,57	30,5	109	816	25	**P:** cohete de propelente sólido y doble etapa **SG:** buscador por radar pasivo **C:** aletas traseras cruciformes **CE:** H.e.
Kipper AS-2 Unión Sovietica Velocidad: Mach 1.2. Montado ventralmente en el TU-16 Badger C. Cumple asimismo funciones anti-buque	9,5	s. datos	46	s. datos	180-210	**P:** turborreactor **SG:** radio hasta media trayectoria; buscador por radar en tramo final del recorrido **C:** como avión convencional **CE:** H.e.
Kitchen AS-4 Unión Soviética Velocidad: Mach 2 . Montado ventralmente en el Tu-22 Blinder B.	11,3	s. datos	245	6.000 o más	300	**P:** cohete de propelente líquido almacenable **SG:** inercial a más de media carrera **C:** como avión convencional **CE:** H.e.

Misiles balísticos, tácticos

Frog 7 Unión Soviética Lanzado desde un lanzador ZIL-135	9,10	55	s. datos	s. datos	60	**P:** empuje por propelente sólido y doble combustión **SG:** estabilización por rotación (no-guiado) **C:** aletas cruciformes fijas **CE:** H.e., química o nuclear
Lance MGM-52C Estados Unidos	6,10	56	198	1.530	70-120	**P:** cohete de propelente líquido almacenable, y combustión única **SG:** inercial simplificada **C:** por inyección de combustible en una tobera única **CE:** nuclear de 10 K.T. o h.e. en racimo
Pershing MGM-31A Estados Unidos Sobre lanzador. Ha sido sustituido por el Pershing 2, guiado en fase terminal	10,5	101,6	s. datos	4.535	160-640	**P:** combustible sólido, doble combustión, Thiokol XM105, Thiokol XM106 **SG:** inercial simplificada **C:** deflectores de flujo en primera etapa; aletas gobernables segunda etapa **CE:** nuclear 60-400 KT



Uno de los más simples misiles de diseño más o menos reciente es el Honest John del US Army. El misil es apuntado por un sistema óptico contra el objetivo y disparado.



Misiles contracarro

Harpon Francia	1,215	16,4	50	30,4	500-3.000	**P:** acelerador/crucero por cohete de combustible sólido **SG:** cable a visual **C:** deflectores en la tobera **CE:** H.e.
Swingfire Reino Unido	1,07	17	37	34	140-4.000	**P:** acelerador/crucero por cohete de combustible sólido **SG:** cable y visual **C:** tobera orientable **CE:** H.e., 6,8 kg. carga hueca. Contenedores de lanzamiento
Tow BGM-71 Estados Unidos	1,17	15,2	34	24,5	65-3.750	**P:** acelerador/crucero por cohete de combustible sólido **SG:** cable visual, seguimiento óptico automático **C:** aletas desplegables **CE:** H.e., carga hueca. Lanzado por tubo
Sagger AT-3 Unión Soviética	0,87	12	46	11	500-3.000	**P:** cohete de combustible sólido **SG:** cable visual **C:** sin datos **CE:** H.e., carga hueca

Misiles antibuque

Exocet MM-38 Francia Velocidad: Mach 0.93 - 0.95	5,20	35	104	735	5-40	**P:** cohete acelerador y de crucero por combustible sólido **SG:** crucero: inercial más radio altímetro ataque: radar buscador activo **C:** aletas traseras cruciformes **CE:** H.e., 165 kg., hexolita recubierta en acero, espoleta de retardo
Kormoran Alemania occidental	4,40	34,4	100	600	35 o más	**P:** cohete acelerador y de crucero con propelente sólido **SG:** crucero: piloto automático más radio altímetro ataque: radar buscador activo **C:** aletas traseras cruciformes **CE:** H.e., 160 kg. racimos de proyectiles, espoleta de retardo
Gabriel Israel	3,35	32,5	138,5	400	20-40	**P:** cohete acelerador y de crucero con propelente sólido **SG:** crucero: piloto automático, radio altímetro ataque: radar/electro-óptico **C:** aletas traseras cruciformes **CE:** H.e., 150 kg.
Sea Skua (CL 834) Reino Unido	2,8	22,2	67	200	14	**P:** cohete de propelente sólido **SG:** buscador semi-activo que responde a la señalización del blanco mediante el radar **C:** aletas traseras cruciformes **CE:** H.e., 35 kg.
Harpoon **AGM-84A/RGM-84A** Estados Unidos	4,58	34,3	91,4	667	110	**P:** cohete de propelente sólido, empuje de crucero por acelerador a turborreacción: 300 kg. **SG:** crucero: piloto automático; ataque: radar buscador activo **C:** aletas cruciformes **CE:** H.e., 227 kg., espoleta de contacto y retardo
Scrubber SS-N-1 Unión Soviética Velocidad: Mach 0.9 - operacional en 1958-1959	7,6	100	460	4.080	110-185	**P:** cohete de combustible sólido,, crucero por acelerador a turborreacción **SG:** crucero: piloto automático/radio; ataque: radar o buscador infrarrojo **C:** como en avión convencional **CE:** H.e. montado sobre destructores clases Kildin y Krupuy
Styx SS-N-2 Unión Soviética Velocidad: Mach 0.9. Operacional en 1960. Sobre lanchas patrulleras clases Komar y Osa	6,25	75	275	2.500 3.000	40 o más	**P:** cohete de combustible sólido, crucero por acelerador a turborreacción **SG:** crucero: piloto automático/radio; ataque: radar activo **C:** como avión convencional **CE:** H.e.
Shaddock **SSC-1/SS-N-3** Unión Soviética	10,9 13,8	100	210 o más	11.790	450	**P:** dos aceleradores de combustible sólido; crucero a turborreacción **SG:** crucero: radio; ataque: por radar o buscador infrarrojo **C:** como avión convencional **CE:** H.e., o nuclear

Misiles crucero o distanciamiento, estratégicos

Hound Dog AGM-28B Estados Unidos Velocidad: Más de Mach 2	13,0	71,1	370	4.603	1.207	**P:** turborreactor Pratt & Whitney J52-P-3, de 3.400 kg. de empuje **SG:** inercial **C:** como avión convencional **CE:** una cabeza termonuclear de 4 megatones
SRAM AGM-69A Estados Unidos	4,27	45	s. datos	1.000	64-161	**P:** cohete de combustible sólido y dos etapas **SG:** inercial más evitación del terreno **C:** aletas traseras cruciformes **CE:** una cabeza termonuclear dȩ 200 KT
ALCM AGM-86A Estados Unidos Velocidad: Mach 0.55 en crucero; Mach 0.7 fase final de aproximación	4,3	61	s. datos	860	1.207	**P:** un turbofan Williams Research F 107, de 300 kg. de empuje **SG:** inercial y seguimiento del terreno **C:** como avión convencional **CE:** una cabeza termonuclear
Tomahawk YBGM 109 Estados Unidos Velocidad: aproximación final, Mach 0.7. Modificado, de 391 cm., el Tomahawk se adapta para su lanzamiento aéreo. Existen asimismo versiones de lanzamiento terrestre y desde buques.	5,56	52	228	s. datos	2,414	**P:** turbofan Teledyne F 106 con un empuje de 300 kg., más un acelerador de combustible sólido **SG:** inercial y seguimiento del terreno **C:** aletas traseras cruciformes **CE:** termonuclear o H.e.

Misiles balísticos , estratégicos, basados en tierra

Scarp SS-9 Unión Soviética Lanzamiento desde silo. En el año 1976 había 200 en servicio	35,0	300	s. datos	12.000	**P:** propelente líquido almacenable, doble combustión **SG:** inercial **C:** motores de ajuste fino gobernables **CE:** mod.: 3FOB. Mod.: 43MRV o MIRV experimental
Sego SS-11 Unión Soviética Entró en servicio en el año 1966. Lanzamiento desde silo	19,5	240	s. datos	10.500	**P:** propelente líquido almacenable, doble combustión **SG:** inercial **C:** sin datos **CE:** una RV 1-2 MT (Mod. 1), tres MRV de 300-500 KT cada una (Mod. 3)
Scaleboard SS-12 Unión Soviética Entró en servicio en el año 1969. Móvil, sobre vehículo MAZ 543	11,0	s. datos	s. datos	700 800	**P:** cohete de única combustión **SG:** inercial **C:** timones de dirección gobernables **CE:** nuclear o H.e.
Scapegoat SS-14 Unión Soviética Móvil, sobre un transporte Scamp (chasis de carro JS III modificaco)	10,6	140	s. datos	4.000	**P:** propelente sólido, doble combustión **SG:** inercial **C:** sin datos **CE:** termonuclear
SS-16 Unión Soviética Lanzamiento desde silo. También desde plataforma móvil	20	200	s. datos	9.000	**P:** propelente sólido, triple combustión **SG:** inercial **C:** sin datos **CE:** una RV1MT o tres MIRV y ayudas a la penetración
SS-17 Unión Soviética Lanzamiento frío desde silo. A mediados del año 1976 había unos 30 misiles en servicio (en silos de SS-11 modificados)	24	260	s. datos	10.000	**P:** propelente líquido almacenable, doble combustión **SG:** inercial **C:** sin datos **CE:** cuatro 1MT, KT, MIRV
SS-18 Unión Soviética Lanzamiento frío desde silo. En el año 1976 había unos 50 misiles en servicio. El modelo 2 entró en servicio a finales del mismo año.	37	340	s. datos	10.500 9.250	**P:** propelente líquido almacenable, doble combustión **SG:** inercial **C:** sin datos **CE:** Mod. 1: simple RV 4 - 50 MT; Mod. 2: de ocho a diez MIRV de 1 - 2 MT cada uno.
SS-19 Unión Soviética Lanzamiento frío desde silo. A finales del año 1976 había 140 misiles en servicio.	24	260	s. datos	10.000	**P:** propelente líquido almacenable, doble combustión **SG:** inercial **C:** sin datos **CE:** seis MIRV de 400 - 500 KT
SS-20 Unión Soviética Emplea las primeras dos etapas de un SS-16. Alcance máximo con una cabeza termonuclear ligera.	16	200	s. datos	2.400 7.000	**P:** propelente sólido, doble combustión **SG:** inercial **C:** sin datos **CE:** una IMTRV o tres MIRV
Minuteman II LGM-30F Estados Unidos Lanzamiento desde silo	18,2	183	317,50	11.000	**P:** propelente sólido, triple combustión, empuje sustentante de 91.000 kg./60 segundos **SG:** inercial **C:** 4 toberas móviles (etapas 1 y 3); inyección de fluido dentro de una sola tobera fija (etapa 2) **CE:** una RVI-2MT más ayudas a la penetración

Minuteman III **KGM-30G** Estados Unidos Lanzamiento desde silo	18,2	183	344,75	13.000		**P:** propelente sólido, triple combustión (etapa 3 mejorada) **SG:** inercial **C:** similar al Minuteman II **CE:** tres MIRV de 200 KT cada una, más ayudas a la penetración
Titan II LGM 25C Estados Unidos Lanzamiento de silo. En servicio: 54 misiles	31,4	305	14,969	15.000		**P:** propelente líquido almacenable, doble combustión **SG:** inercial **C:** motores en montajes cardan en ambas etapas **CE:** un RV de 10 MT más ayudas a la penetración
SSBS S3 Francia Lanzamiento desde silo	13,7	150	258,00	3.000		**P:** propelente sólido, doble combustión; empuje sustentante de 55.000 kg./76 segundos **SG:** inercial **C:** cuatro toberas en montajes cardan (etapa 1); inyección de Freón dentro de una sola tobera fija **CE:** un RV-1MT más ayudas a la penetración

Misiles balísticos estratégicos de lanzamiento submarino

Polaris A-3 **UGM-27C** Estados Unidos y Reino Unido	9,75	137	158,50	4.626		**P:** propelente sólido, doble combustión. Empuje sustentante de 36.287 **SG:** inercial **C:** cuatro toberas rotativas (etapa 1), inyección de fluido en una sola tobera fija (etapa 2). **CE:** tres MIRV de 200 KT cada uno
Poseidón C-3 UGM-73A Estados Unidos	10,36	188	294,84	4.626		**P:** propelente sólido, doble combustión **SG:** inercial **C:** una tobera en montaje cardan en cada sección **CE:** diez MIRV de 50 KT cada uno a 5.200 km., o catorce de 50 KT a 4.000 km.
Trident IC-4 **UGM-93A** Estados Unidos	10,36	188	320,00	7.000		**P:** propelente sólido, triple combustión **SG:** inercial más navegación estelar **C:** sin datos **CE:** ocho MIRV de 100 KT
Sawfly SS-N-6 Unión Soviética En los submarinos nucleares clase Y. 12 misiles por buque	12,8	175	180-200	2.400 3.000		**P:** cohete de propelente líquido almacenable, doble combustión **SG:** inercial **C:** sin datos **CE:** termonuclear 1MT
SS-N-8 Unión Soviética En submarinos de clase D; 12 misiles en clase D1 y 16 misiles en la clase D2	14	180-200	200	7.800		**P:** cohete de propelente líquido almacenable, doble combustión **SG:** inercial **C:** sin datos **CE:** termonuclear, 1-2 MT
SS-NX-17 Unión Soviética	s. datos	s. datos	s. datos	s. datos		**P:** cohete de propelente sólido, doble combustión **SG:** inercial más navegación estelar **C:** sin datos **CE:** termonuclear, una RV o MIRV
SS-NX-18 Unión Soviética Sustituye al SS-N-8 en los submarinos clase D1 y D2	s. datos	s. datos	s. datos	8.046		**P:** cohete de propelente líquido almacenable, doble combustión **SG:** inercial más navegación estelar **C:** sin datos **CE:** termonuclear, MIRV
MSBS M2/M20 Francia En los submarinos balísticos franceses, 16 misiles por buque	10,4	150	200,00	1.864		**P:** cohete de propelente sólido, doble combustión **SG:** inercial **C:** etapa 1: cuatro toberas en montaje cardan; etapa 2: inyección de Freón a una tobera fija **CE:** termonuclear, 500 MT en el M2 y 1 MT en el M20

Misiles antibalísticos

Galosh ABM-1 Unión Soviética 64 lanzadores emplazados en cuatro emplazamientos estratégicos defienden la ciudad de Moscú.	18-19	240-270	s. datos	s. datos	300	**P:** cohete multi-combustión, cuatro toberas en la primera etapa **SG:** radar **C:** sin datos **CE:** probablemente nuclear
Spartan XLM-49A Estados Unidos Sistema "Safeguard" a alta cota, defensa puntual	16,8	107	3,0	13.000	460	**P:** cohete de propelente sólido, triple combustión Thiokol TX500, TX454, TX239. **SG:** radar **C:** aletas cruciformes/aletas y gases de la tobera en la última etapa **CE:** nuclear
Sprint I Estados Unidos Sistema "Safeguard" de defensa terminal y elevada aceleración. El Sprint II está en desarrollo.	8,3	137	s. datos	3.402	40	**P:** cohete de propelente sólido, doble combustión **SG:** radar **C:** control vectorial del empuje y aletas cruciformes en la 2a. etapa **CE:** nuclear



El AIM-54A Phoenix es probablemente el misil aire-aire de largo alcance más efectivo del mundo. Es utilizado únicamente como armamento del F-14A Tomcat de la USN.

Misiles aire - tierra (tácticos)

La necesidad de eliminar objetivos puntuales en Vietnam –especialmente los puentes defendidos por misiles antiaéreos y los vehículos que transportaban suministros desde el norte– llevó a los norteamericanos a introducir la denominada bomba "lista". La Paveway era una bomba convencional equipada con un buscador láser y superficies de mando extras. Un rayo láser dirigido al blanco desde un avión de apoyo facilitaba a la bomba, lanzada desde aviones de combate como el Phantom, el dirigirse por sí misma hacia la mancha brillante que la energía del láser reflejaba sobre el blanco, permitiendo conseguir un impacto directo. A partir de estos perfeccionamientos surgió una amplia gama de misiles dirigidos de precisión que permiten que el avión de lanzamiento abandone la escena del ataque inmediatamente después de haber lanzado el proyectil.

Otro ejemplo de sistema de guía de precisión es el AGM-65A Maverick que cuenta con una pequeña cámara de televisión que enfoca el blanco dirigiendo al misil sobre él con un efecto letal.

Otra muestra, esta vez europea, de un misil táctico de precisión, es el Martel que se presenta en dos versiones. Una de ellas, fabricada en Gran Bretaña, está dirigida por TV; la otra, construida en Francia, está dirigida por emisiones de radar.

Estas técnicas sofisticadas son tan efectivas que los misiles Maverick guiados por TV han sido lanzados contra blancos terrestres desde aparatos sin piloto controlados por radio, ausentando el hombre por completo del teatro de operaciones.

Misiles aire - tierra (estratégicos)

Los ingentes esfuerzos realizados con la finalidad de perfeccionar la capacidad de los bombarderos estratégicos para alcanzar sus blancos condujeron a los misiles lanzados desde el aire, denominados "de distanciamiento", que continuan su vuelo mientras el avión de lanzamiento emprende el regreso a la base. Entre los primeros tipos de esta clase de armas se encontraba el AGM-28B Hound Dog transportado por los Boeing B-52 G y H del Mando Aéreo Estratégico de las Fuerzas Aéreas de los Estados Unidos.

Equipado por un turborreactor suspendido, este misil alado de 4.355 kg. de peso tenía un alcance de 1.110 km. Llevaba una cabeza de guerra termonuclear y volaba mediante guía inercial.

Su equivalente británico, el Blue Steel, era utilizado por los Victor B.2 y Vulcan B.2 del Mando de Bombardeo de la RAF. Estaba equipado con un motor cohete Stentor de dos cámaras alimentado por keroseno y peróxido de nitrógeno. Una cámara estaba destinada al vuelo de crucero y la otra para el ataque a gran velocidad. El misil tenía una longitud de 10,7 m., un diámetro máximo de 127 cm. y una envergadura de 3.96 m. Resultaba particularmente efectivo porque permitía que los bombarderos volaran a ras de los árboles y ejecutaran los ataques en rasante.

También la URSS consiguió importantes adelantos en esta materia. En época tan temprana como 1961 hizo su aparición un misil "de distanciamiento" de 15 m. de longitud, semejante a un caza a reacción con alas en flecha, situado debajo del fuselaje de un Tu-95

Bear B. La OTAN lo bautizó con el nombre código de "Kangaroo".

Este misil, diseñado para atacar objetivos periféricos dentro del área de la OTAN, era dirigido por radio desde el avión de lanzamiento.

Asimismo se diseñaron misiles alados de menor tamaño fundamentalmente para combatir los buques enemigos. Existen en este sentido misiles turborreactores que han recibido el nombre en código de Kennel según la nomenclatura de la OTAN y que son transportados en soportes debajo de las alas de los Badger B Tu-16 soviéticos. Un pequeño radar montado sobre la toma de aire del motor, en el morro, permite que el arma se dirija automáticamente hacia su blanco. Otro misil con base en tierra firme y empleado en la defensa costera es el denominado Samlet.

Un arma más reciente de lanzamiento aéreo es el Kelt propulsado por cohetes, dos de los cuales pueden ser transportados bajo las alas del Tu-16 Badger G. Existe todavía otro misil alado utilizado contra buques y denominado Kipper que se transporta montado en el vientre de los Tu-16 Badger C. Su forma recuerda la de un avión con alas en flecha con un turborreactor suspendido.

Actualmente, el bloque occidental espera la aparición de nuevos misiles de crucero soviéticos esperándose que dispongan de los últimos adelantos experimentados en el campo de la tecnología de los turborreactores y los estatoreactores/cohetes.

El bombardero Tupolev Backfire B, por ejemplo, puede transportar dos grandes misiles "de distanciamiento" debajo de las secciones fijas de sus alas de geometría variable.

Misiles Balísticos Intercontinentales

El Mariscal Zhigarev, comandante en jefe de las Fuerzas Aéreas Soviéticas, había recalcado la importancia de los cohetes intercontinentales ya en el año 1946. Sin embargo, antes de que tales ambiciones pudieran ser llevadas a la práctica fue necesario un largo desarrollo y una tenaz investigación para perfeccionar la tecnología de la cohetería en cuatro áreas fundamentales: propulsión, estructuras, sistemas de guía y cabezas explosivas.

Los soviéticos, como los occidentales, comenzaron a perfeccionar el V-2 alemán. El plan comenzó en el año 1945 y el Laboratorio de Dinámica del Gas/Grupo de Diseño Experimental, GDL-OKB, procuró ampliar la tecnología aplicada en la familia RD-1/RD-3 de motores cohete, algunas de cuyas variantes también habían sido utilizadas para ayudar al despegue de aviones. Las prestaciones originales alcanzadas por el V-2 fueron mejoradas modificando el sistema de refrigeración del motor, reduciendo el contenido de agua del combustible, incrementando la presión y la temperatura del depósito y prolongando la tobera.

Hacia finales del año 1947 ya se habían realizado los primeros lanzamientos de cohetes V-2 perfeccionados, construidos por ingenieros soviéticos sobre suelo soviético. Una base secreta de lanzamientos fue construida en Kapustin Yar (literalmente "Risco de la Col"), al sureste de Stalingrado (hoy Volgogrado).

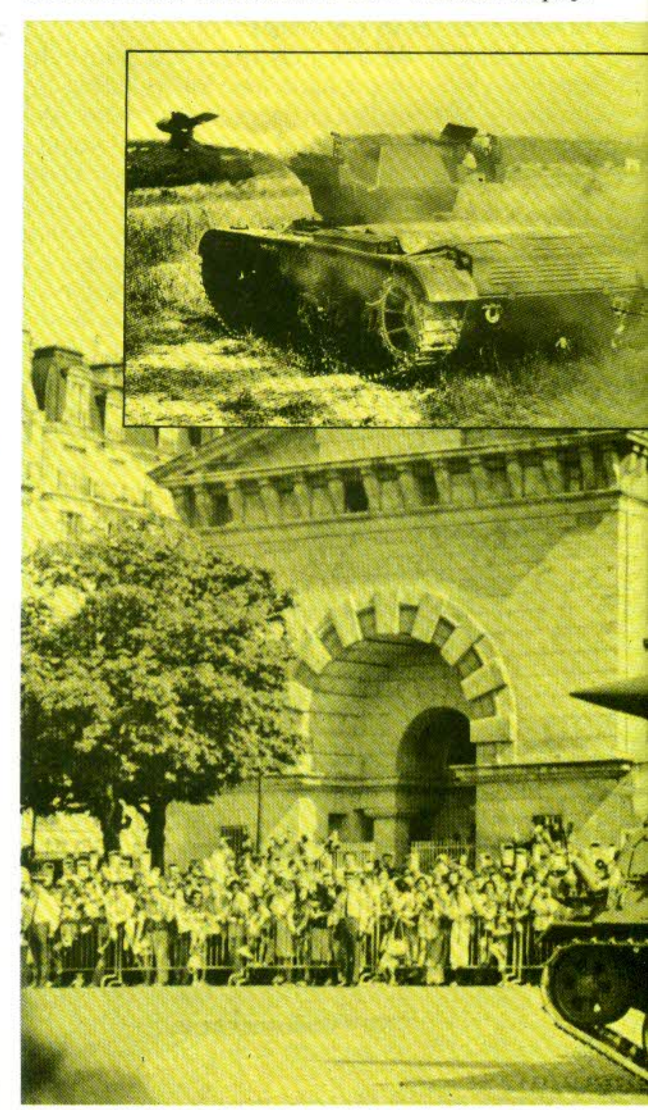
La versión rusa del misil alemán contaba con un motor cohete RD-101. Más tarde aparecería el mismo vehículo básico como cohete geofísico: el V-2-A. La experiencia adquirida con este cohete condujo al primer misil balístico de corto alcance de la Unión Soviética, conocido en Occidente como el SS-3 Shyster y denominado Pobeda (Victoria) por los propios soviéticos.

Este misil apareció por primera vez durante un desfile militar, en la Plaza Roja, en el año 1957; sin embargo, las estaciones de radar de los Estados Unidos de América emplazadas en Turquía ya habían detectado sus primeros ensayos y escuchado su telemetría, señales de radio que conllevan datos codificados.

El motor, desarrollado entre los años de 1952 y 1953 fue el RD-103 que quemaba queroseno y oxígeno líquido para producir un empuje al vacío de alrededor de 50.000 kg.

El equivalente norteamericano fue el Redstone del ejército de los Estados Unidos, desarrollado por el equipo de von Braun en el Redstone Arsenal, Alabama.

La siguiente aparición, en Rusia, correspondió al Sandal SS-4, propulsado por un motor de cuatro cámaras RD-214 con un empuje



al vacío de 74.000 kg. Este motor, desarrollado entre los años 1955 y 1957, tenía un empuje variable en vuelo, que se obtuvo adaptando las cargas propulsoras al generador de gas de las turbobombas.

Fue este misil, precisamente, el que protagonizó la crisis cubana de 1962, cuando Nikita Khruschev trató de colocar a los Estados Unidos en una situación similar a la soviética con misiles ofensivos "en sus propias puertas".

Numerosas fotografías de reconocimiento aéreo tomadas sobre suelo cubano demostraron que ya se estaban construyendo las estructuras de cemento para las rampas de lanzamiento y un sin número de vehículos de apoyo y misiles en silos. Los Estados Unidos se hallaban dentro del radio de alcance de un misil capaz de transportar una cabeza nuclear a 1.770 km. de distancia de la base de lanzamiento. La flexibilidad operativa había sido perfeccionada notablemente en comparación con los misiles anteriores porque el Sandal utilizaba líquidos almacenables —ácido nítrico y queroseno— y por tanto podía estar listo, con su combustible dispuesto, durante largos períodos de tiempo.

Aunque los emplazamientos de estos misiles fueron desmantelados cuando la confrontación tocó a su fin, y las armas retornaron a la Unión Soviética, el episodio demostró ser la justificación oficial para la construcción acelerada de fuerzas de misiles en los Estados Unidos.



El Shillelagh es disparado desde un cañón de 152 mm. que también dispara munición convencional.

Ya antes, los misiles de alcance intermedio Thor habían sido situados en cuatro bases de

El misil táctico francés Pluton es lanzado desde un vehículo con orugas derivado del carro de combate AMX-30. El vehículo también incluye la computadora de procesamiento de datos y el equipo de guía. Su alcance es de 10 a 120 kms. Su cabeza puede ser nuclear o explosivo convencional.

Foto insertada:
Un misil Harpon francés disparado desde su transporte. Este misil guiado por cable puede ser utilizado contra carros de combate y fortificaciones y dispone de un sistema direccional automático que le confiere una precisión mortal.



Uno de los proyectiles contra-carro más efectivos del mundo es el Swingfire, que entró en fase operacional en 1969 con el ejército británico. Existen versiones portátiles y lanzacohetes que pueden montarse en vehículos blindados de reconocimiento y también en helicópteros.

la RAF en el este de Inglaterra pendientes del desarrollo de los gigantescos Intercontinental Ballistic Missiles (ICBM) –Misiles Balísticos Intercontinentales– que podrían alcanzar objetivos en la Unión Soviética desde bases de lanzamiento situadas en territorio norteamericano. Estos cohetes que utilizaban como combustible oxígeno líquido y queroseno tenían un alcance de 2.775 km. colocando a Moscú en la primera línea de cualquier contienda nuclear.

El misil Thor, en vez de emplear aletas de tobera para su guiado, poseía un sistema de guía inercial que emitía directivas al propio motor del cohete; el motor estaba montado sobre un cardan pudiéndose variar la dirección del empuje con el propósito de corregir el curso.

Mientras tanto, los soviéticos habían construido un centro de pruebas, el segundo en tamaño, en el norte de Tyuratam, en Kazakhstan. El gigantesco cohete intercontinental fue llevado pesadamente hasta su sitio de lanzamiento para su primer vuelo. En 1957 llegó un triunfante (aunque sucinto) anuncio de la agencia *Tass* de noticias: "...un super cohete balístico intercontinental de largo alcance y de etapa múltiple votó a... una altura sin precedentes... y cayó en el objetivo previsto".

Esto ocurrió varios años antes de que Occidente se hubiese enterado del diseño aunque en términos generales el ingenio era conocido para la inteligencia occidental. En el momento del despegue se encendían no menos de veinte cámaras de empuje principales, como así también entraban en ignición doce motores más pequeños montados sobre una articulación giratoria para control. Dieciseis de los depósitos principales se hallaban emplazados sobre cuatro aceleradores asociados que se desprendían cuando el ingenio abandonaba la atmósfera. El núcleo central del cohete, propulsado por cuatro cámaras principales, llevaba al vehículo hasta alcanzar su velocidad final mientras cuatro motores Vernier respondían a los mandos desde el sistema de guía inercial. La cabeza explosiva se separaba y continuaba su itinerario hacia el objetivo siguiendo una trayectoria balística.

El motor del núcleo central era el RD-107 de 96.000 kg. de empuje en el vacío. Cada uno de los cuatro aceleradores contaba con un motor RD-108 de 102.000 kg. de empuje en el vacío. Todos ellos quemaban oxígeno líquido y queroseno. Las plataformas de lanzamiento elaboradas especialmente para estos inmensos cohetes resultaban sumamente vulnerables a los ataques nucleares. En el centro de pruebas contaban con una gigantesca plataforma de hormigón armado reforzada, unida al edificio preparatorio por un ferrocarril de ancho de vía estándar. Los cohetes dispuestos horizontalmente sobre un transporte-erector eran llevados a la plataforma de lanzamiento mediante una locomotora diesel. Tras ser colocados en posición vertical sobre la plataforma, eran aprovisionados de combustible desde unos va-

gones-tanque que se desplazaban sobre railes adyacentes a las plataformas de lanzamiento.

La réplica norteamericana al ICBM Korolev fue el Atlas de una etapa y media que principió una nueva modalidad experimental con sus tanques delgados y presurizados de acero inoxidable que podían resistir el empuje de carga de los motores del cohete sin requerir para ello ningún pesado refuerzo. El combustible (queroseno) y el comburente (oxígeno líquido) se conservaban en compartimientos separados.

El tanque original del Atlas, de 18,29 m. de longitud y 3,05 m. de diámetro no poseía ninguna estructura interior y comprendía la totalidad del armazón del proyectil desde la base propulsiva hasta la ojiva en el extremo superior. En la base había un motor cohete simple montado sobre un cardan con dos motores pequeños externos instalados sobre una articulación giratoria para el control de guiñada y un Vernier para regulación de la velocidad. En una camisa eyectable –dentro de la cual estaba el principal motor de apoyo– se situaban dos cámaras de combustión que extraían sus propelentes desde los mismos tanques.

En el momento del ascenso todos los motores se encontraban en funcionamiento produciendo un empuje total que excedía los 163.295 kg. Los motores externos eran lanzados junto con la camisa tras 145 segundos de vuelo. El sustentador aceleraba al Atlas hasta una velocidad de aproximadamente 24.140 km/hora hasta ser desconectado por el sistema de guía. Los ensayos de lanzamiento comenzaron en Cabo Cañaveral, Florida, mientras los soviéticos se preparaban para lanzar su primer ICBM en Tyuratam; sin embargo, el éxito no coronó estos primeros ensayos.



Un misil contra-carro TOW disparado desde un helicóptero Bell Cobra.

En el mes de junio de 1957 un misil experimental estalló en el aire poco después de efectuar el despegue y en setiembre del mismo año otro cohete se salió del rumbo previsto y se desintegró completamente en la atmósfera.

En estos primeros ensayos sólo actuaban los motores de aceleración conocidos como "boosters". Sin embargo, cuando el Atlas fue lanzado al espacio el 2 de agosto de 1958, con todos sus motores en funcionamiento, el éxito resultó completo; el cohete se zambulló en el Océano Atlántico tras un recorrido de algo más de 4.000 km. A pesar de que el período de pruebas estaba lejos de hallarse concluido el Departamento de Defensa de los Estados Unidos no perdió el tiempo y ordenó la producción del misil por lo que el Atlas D en 1959 se convirtió en un ingenio operacional en emplazamientos "blandos" de los Estados Unidos.

Entretanto, en enero del mismo año se había probado un cohete ICBM de dos etapas fabricado según un diseño más convencional con una falsa sección superior. Este cohete –el Titan I– empleaba las mismas cargas propulsoras que el Atlas y el motor le proporcionaba un empuje de despegue alrededor de 136.080 kg.



Otro formidable misil contra-carro es el soviético AT-3 Sagger que las tropas egipcias utilizaron durante la guerra del Yom Kippur. Además de su facilidad para ser transportado por dos hombres, también puede montarse sobre una amplia variedad de vehículos. En la foto sobre vehículos blindados BMP-1.



En la fotografía puede observarse a un Sparrow III sobre un helicóptero modificado UH-2C Seasprite durante pruebas en la Estación Aeronaval de Point Mugu, en California. Este misil norteamericano aire-aire altamente efectivo que se convirtió en un arma operacional durante el año 1958, ha aparecido en un gran número de aviones de ataque e interceptadores del mundo occidental. Desde estonces ha sido fabricado en numerosas variantes de lanzamiento desde aire, mar y tierra.

Un misil HOT –de alta velocidad, largo alcance y contra-carro– lanzado desde un vehículo de combate "Jagdpanzer Rakete". Desarrollado conjuntamente por Francia y Alemania Occidental, puede ser disparado por la infantería desde posiciones fijas y desde vehículos, buques y helicópteros.

La vulnerabilidad de los misiles emplazados en lugares abiertos ante un ataque nuclear enemigo había evidenciado con toda claridad la necesidad de tomar medidas de protección. Los esfuerzos realizados para perfeccionar el tiempo de reacción del Atlas D condujeron a la construcción de "ataudes de asentamiento" sobre la superficie de la tierra en la Base de la Fuerza Aérea (AFB) de Vandenberg, California, y en la Base de ña Fuerza Aérea (AFB - Air Force Base) de Warren en Wioming. Estas construcciones proporcionaban un cierto grado de protección ante los efectos de eventuales explosiones. Los misiles eran almacenados horizontalmente y abastecidos de combustible detrás de muros protectores antes de ser elevados a la posición vertical necesaria para su lanzamiento.

El Titan I fue almacenado en profundos silos subterráneos. Cuando se impartía la orden de lanzamiento se abrían las puertas del silo y el cohete afloraba a la superficie mediante la utilización de un ascensor. Sin embargo, y al igual que el Atlas, el Titan I presentaba la desventaja de tener que cargar el oxígeno líquido imprescindible inmediatamente antes de efectuarse el lanzamiento; se añadían así unos minutos preciosos a su tiempo de reacción, que era de aproximadamente 15 minutos. Una versión perfeccionada del Atlas, el modelo F, fue probada en el año 1961. Esta versión también fue diseñada para ser protegida en silos subterráneos.

En la Unión Soviética, un misil ICBM de dos etapas, conocido en Occidente como el SS-7 Saddler, alcanzó en el año 1961 su estado operativo. A diferencia de algunos otros misiles del mismo período, el SS-7 Saddler fue excluido de los desfiles militares efectuados en la Plaza Roja de Moscú. La evidencia recogida mediante los satélites de reconocimiento demostró que se trataba de un misil de dos etapas con una longitud aproximada de 30,50 m. y 3 m. de diámetro. Se supuso entonces que debía emplear cargas propulsoras líquidas almacenables en el propio misil.

En esa misma época se descubrió que los soviéticos estaban instalando misiles en silos subterráneos desde los que podrían ser lanzados directamente, siendo las llamas de escape



Derecha:
En la fotografía, un avión de ataque Saab AJ-37 Viggen con algunas de sus cargas bélicas alternativas. En el avión, tres misiles de 600 kg. Saab O4E, aire-tierra; al frente, dos Saab O5A AS M de 300 kg., cuatro AMM (Falcons y Sidewinders), cuatro contenedores con 36 cohetes aire-tierra de 135 mm. y otras cargas externas.

desviadas a través de dos salidas practicadas en los dos costados del silo. Este cohete, aparentemente, era capaz de transportar una cabeza nuclear de cinco megatones (MT) a una distancia de más de 10.460 km.

En el año 1963 entró en operación un nuevo tipo de cohete, de similar alcance y también de dos etapas, el SS-8 Sasin.

En los Estados Unidos se realizaron enérgicos y denodados esfuerzos por desarrollar un misil ICBM que pudiese ser lanzado desde el interior de los silos. A mediados de 1963 entró en servicio el Titan II. Este cohete empleaba combustible y oxidante que (como ocurría en algunos misiles soviétifos contemporáneos) entraban en ignición al simple contacto. Este gigantesco ICBM tenía una altura de 31,39 m., un alcance superior a los 8.047 km. y transportaba una cabeza nuclear de cinco megatones (5 MT). Con las cargas propulsoras almacenadas en el propio misil, el Titan II desde su sólido y seguro silo subterráneo tenía un tiempo de reacción de un minuto. Actualmente existen 54 de estos misiles en servicio operativo en bases de la Fuerza Aérea diseminadas en los territorios de Arizona, Kansas y Arkansas.

La Unión Soviética replicó a la aparición del nuevo Titán con otro cohete de dos etapas que también utilizaba cargas propulsoras almacenables y podía lanzarse desde el silo de seguridad. Este fue el ICBM conocido en el mundo occidental como el SS-9 Scarp, que entró en servicio en el año 1965 y desde entonces ha aparecido en cuatro versiones diferentes. La versión denominada Mod-1 transportaba un único vehículo de reingreso con una cabeza de 20 MT; el Mod-3 ha sido utilizado para experimentar los vehículos FOBS (Fractional Orbit Bombardmente System), Sistema de Bombardeo de Orbita Fraccionaria).

Sin embargo, la eclosión constructora de misiles de la década de 1960 estaba sólo comenzando. La necesidad de conseguir misiles de reacción cada vez más rápida que pudiesen almacenarse en silos subterráneos y estuvisen listos al instante para cubrir cualquier eventualidad, o que se desplazaran en sistemas de lanzamiento móviles, condujo a la construcción de cohetes de combustible sólido y de altas prestaciones. Al mismo tiempo, los progresos realizados en el campo de la guía inercial y las reducciónes conseguidas en el tamaño y el peso de las cabezas termonucleares permitieron diseñar misiles ICBM de alto poder destructivo mucho más pequeños que el Atlas y el Titan.

Solamente después de transcurridos cuatro años desde el momento en que comenzó a desarrollarse el programa operativo, los Estados Unidos, en diciembre de 1962, declararon oficialmente operacional el misil ICBM Minuteman I. Once meses más tarde, se declararon totalmente operacionales el Ala Minuteman I en la Base de la Fuerza Aérea (AFB) de Malmstrom, en Montana; y el Ala II en la Base de la Fuerza Aérea de Ellsworth, en Dakota del Sur y fueron instalados misiles en el Dakota del Norte, en la Base de la Fuerza Aérea de Minot.

Se construyeron no menos de 1.000 silos para albergar a los ICBM Minuteman que permanecen ocultos debajo de las tierras cubiertas de trigales y ganado de Dakota del Norte y del Sur, Wyoming, Montana y Missouri. Cada patrulla de diez misiles está controlada desde una cápsula metálica localizada a 15 metros por debajo de la superficie ocupada durante las veinticuatro horas del día por dos oficiales del Mando Aéreo Estratégico.





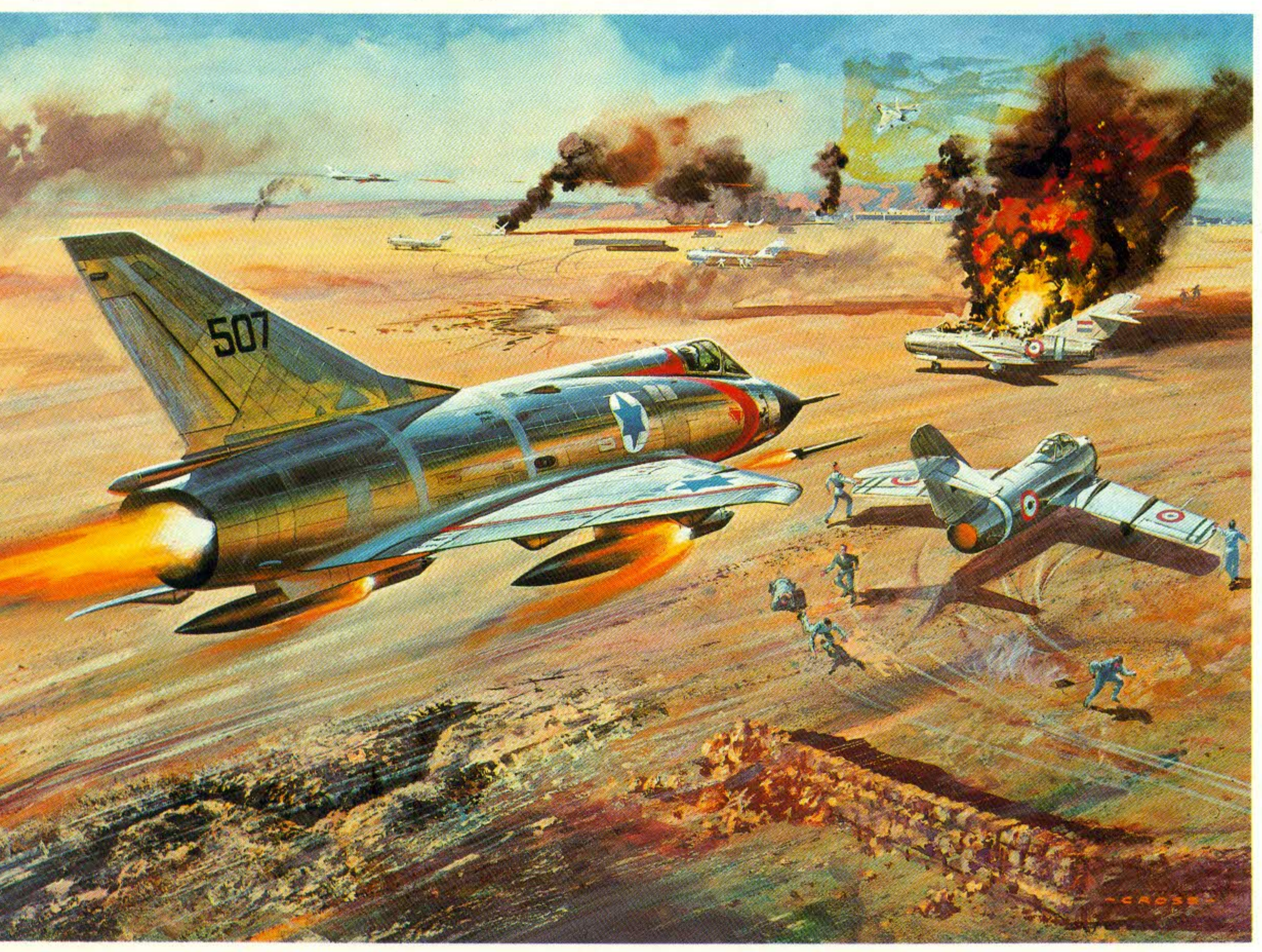
El Buccaneer, avión de ataque nuclear, equipado con cuatro misiles Martel aire-tierra, desarrollado conjuntamente por Francia e Inglaterra. Una versión (AS.37) se guía mediante la emisión de los radares enemigos, la otra (AJ.168) es guiada por televisión desde el avión lanzador. Los usuarios del Martel incluyen al Jaguar, Harrier, Mirage III-E, Buccanner, Nimrod, Atlantique y el helicóptero Sea King.

Actualmente, los primeros misiles de tres etapas han sido reemplazados por nuevos modelos de mayor alcance, eficacia y poder destructivo en sus cabezas nucleares. La última versión, el Minuteman III, contiene tres MIRV (Múltiple, Indepently Targetable, *Re-entry Vehicles* - Vehículo Guiado Independiente y Múltiple de Re-Ingreso. Los MIRV son transportados en un "autobús" y son descargados de forma independiente contra diferentes blancos de acuerdo con las instrucciones impartidas desde un computador emplazado en el propio misil.

Como contrapartida al Minuteman I, los soviéticos construyeron el SS-13 Savage cuyo lanzamiento también se produce desde silos y que entró en servicio en el año 1968. Se cree que transporta una única cabeza explosiva de 1 o 2 MT, o tres MRV (Multiple Re-entry Vehicles - Vehículos de Re-Ingreso Múltiples), que explosionan en la misma área general pero que no son guiados individualmente hacia blancos específicos.

Los diseñadores soviéticos desarrollaron el SS-13 sobre una base modular. Las etapas segunda y tercera eran utilizadas en un transporte-erector (Scamp) a fin de conseguir un sistema móvil que pudiese ser conducido a diferentes sitios del país y lanzado desde puntos ocultos, como por ejemplo entre los árboles o en desfiladeros montañosos. Algunos han sido dispersados junto a la frontera con China. Un desarrollo de mayor alcance de la misma técnica de lanzamiento está representado por el Scrooge, que transporta un misil más grande (derivado posiblemente también del SS-13) en un largo contenedor tubular. El cohete SS-11 Sego de cargas propulsoras líquidas, aunque se encuentra en la misma clasificación general que el SS-13, tenía un mayor rendimiento y fue producido en grandes cantidades. Este misil no fue descubierto hasta 1975 aunque se encontraba en servicio desde 1968.

Francia se unió al "club balístico" en el mes de agosto del año 1971, cuando entró en servicio operativo el primer escuadrón de nueve misiles de dos etapas y combustible sólido *Sol-Sol Balistique Stratégique* (SSBS), Misil Balístico Estratégico Tierra-Tierra, en silos emplazados en Plateau d'Albion, en la Alta Provenza, al sur de Francia. Estos misiles S-1 podían lanzar una cabeza nuclear de 150-kT a una distancia de 3.000 km.



En el ataque al suelo, en el que desde la Segunda Guerra Mundial se venían empleando los cohetes no guiados (como en la ilustración), ha supuesto un gran avance la incorporación de las bombas "listas", que son guiadas por sistemas de televisión o láser.

EXPLORACION ESPACIAL Y COHETES

Misiles Balísticos Intercontinentales

Dos años más tarde una segunda escuadra de nueve misiles S-2 entró en servicio operativo. Estos misiles tienen un alcance de 3.150 km. En el período comprendido entre los años de 1979 y 1980 fueron reemplazados por el S-3, ligeramente menor pero mucho más efectivo, que está diseñado para transportar una cabeza termonuclear de 1 o 2 MT. Las cabezas termonucleares de este tipo que son fabricadas en el Atomic Centre de Pierralatte han sido sometidas a las pruebas de rigor en medio de las protestas de los defensores del medio ambiente en el *Centre d'Experimentation du Pacifique*, en el Atolón de Fangataura, en las cercanías de Mururoa.

También la República Popular China comenzó a construir misiles balísticos en la década de 1960. Los primeros ejemplos parecen estar basados en los misiles soviéticos de alcance medio de la clase Shyster/Sandal. Tienen un alcance de aproximadamente 1.700 km., pueden transportar cabezas nucleares o de alto explosivo y entraron en servicio operativo, de acuerdo con las informaciones obtenidas por los servicios de inteligencia occidentales, a partir de 1966.

Hacia finales de la década resultaba obvio que se estaban desarrollando misiles de un alcance mayor. El primero en entrar en fase de pruebas fue un cohete de etapa única conocido en Occidente como el CSS-2 que utilizaba cargas propulsoras líquidas y almacenables y tenía un alcance de aproximadamente 4.000 km. Una variante de este cohete con varias etapas es la que se supone que ha servido para lanzar al espacio al primer satélite artificial chino el día 24 de abril de 1970.

A mediados de la década de 1970 hizo su aparición el ICBM de etapas múltiples y alcance limitado, el CSS-3. Este cohete, instalado en silos de lanzamiento subterráneos situados en el noroeste de China, es capaz de alcanzar a Moscú y el área europea de la URSS. Una modificación de este cohete se cree que ha sido la responsable del lanzamiento de los más grandes satélites de observación chinos que arrojan cápsulas recuperables de datos; estos satélites son el China 4, lanzado el 26 de noviembre de 1975 y el China 7 lanzado el día 7 de diciembre de 1976.

El último desarrollo, el CSSX-4, un verdadero ICBM con un alcance aproximado a los 11.000 km., coloca a los Estados Unidos dentro del alcance de las cabezas termonucleares de estos misiles. Estos cohetes, aparentemente, entrarían en servicio operacional, en un número limitado, en el año 1980.

Las pruebas de las cabezas nucleares se realizan en Lopnor, provincia de Sinkiang. La primera prueba atómica tuvo lugar allí el día 16 de octubre de 1964; la primera prueba termonuclear (bomba de hidrógeno) fue realizada el 17 de junio de 1967.

Pruebas ulteriores han indicado que las cabezas nucleares de los ICBM chinos contendrían una capacidad explosiva estimada en al-



Aunque equipados nuevamente con armas fijas automáticas, los cazas de nueva generación, como este General Dynamics F-16, confían en los misiles para las misiones de combate.

rededor de 3 MT.

El principal centro de pruebas de misiles –desde el cual los chinos también lanzan sus satélites– es el Chuang Ch'eng-tze en las vastísimas ondulaciones del escasamente poblado territorio de la Mongolia Interior.

Misiles Balísticos de Lanzamiento Submarino

La creciente vulnerabilidad de los ICBM con base en tierra frente a eventuales ataques termonucleares condujo a las superpotencias a instalar misiles balísticos en submarinos. Los Estados Unidos comenzaron con los Polaris A-1, que entraron en servicio por vez primera a bordo del submarino FBM (Fleet Ballistic Missile - Flota de Misiles Balísticos) *George Washington* el día 15 de noviembre de 1960, con una dotación total de 16 misiles.

El 4 de octubre de 1967, el submarino nuclear balístico cuadragésimo primero de los Estados Unidos, el USS *Will Rogers*, comenzó su servicio de patrullaje.

Treinta y tres unidades de este tipo de buques fueron asignados a la Flota del Atlántico y ocho a la del Pacífico, siendo los Jefes del Estado Mayor Conjunto los encargados de controlar la selección y asignación de los objetivos de cada nave. Las primeras cinco naves, que originariamente transportaban Polaris A-1, fueron re-equipados a fin de poder utilizar los Polaris A-3 de largo alcance; la mayoría de las naves de la clase 616 han sido, desde entonces, transformadas con el propósito de acomodar los misiles Poseidón C-3 de un diámetro mayor.

De una manera general, el desarrollo histórico de estos misiles marinos de dos etapas, refleja la creciente demanda de una mayor precisión, carga util y alcance. El Polaris A-2 ligeramente más largo que el original, condujo al A-3 que era más avanzado que los dos modelos anteriores. El equipo conjunto Industria-Armada encargado de su fabricación lo describió como "un misil nuevo en un 85 °/o" con un 60 °/o más de alcance y sólo un mínimo incremento de tamaño en todos los sentidos. En realidad, tenía el mismo diámetro de 137 cm. y era solamente 30,5 cm. más largo. El máximo alcance efectivo era de 4.635 km.

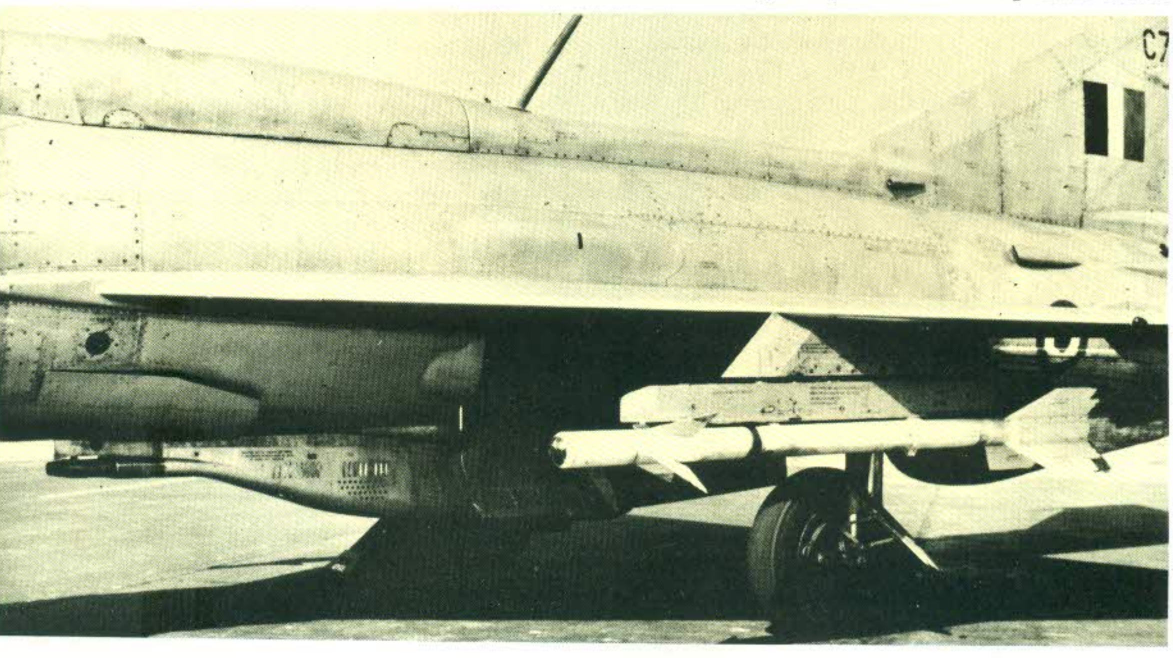
Gran Bretaña abandonó en el año 1960, durante el mes de abril, el Intermediate-Range Ballistic Missile (IRBM) - Blue Streak, Misil Balístico de Alcance-Intermedio en favor del misil balístico americano Skybolt lanzado desde el aire. Sin embargo, el Skybolt fue posteriormente cancelado por los norteamericanos y tras el acuerdo de Nassau, en diciembre de 1962, los británicos estuvieron en condiciones de comprar misiles Polaris desprovistos de sus cabezas explosivas.

Hacia finales del año 1969 se había construido una base en Faslane, sobre el Clyde, en Escocia y los cuatro submarinos Polaris producidos en Gran Bretaña prestaban ya servicio activo.

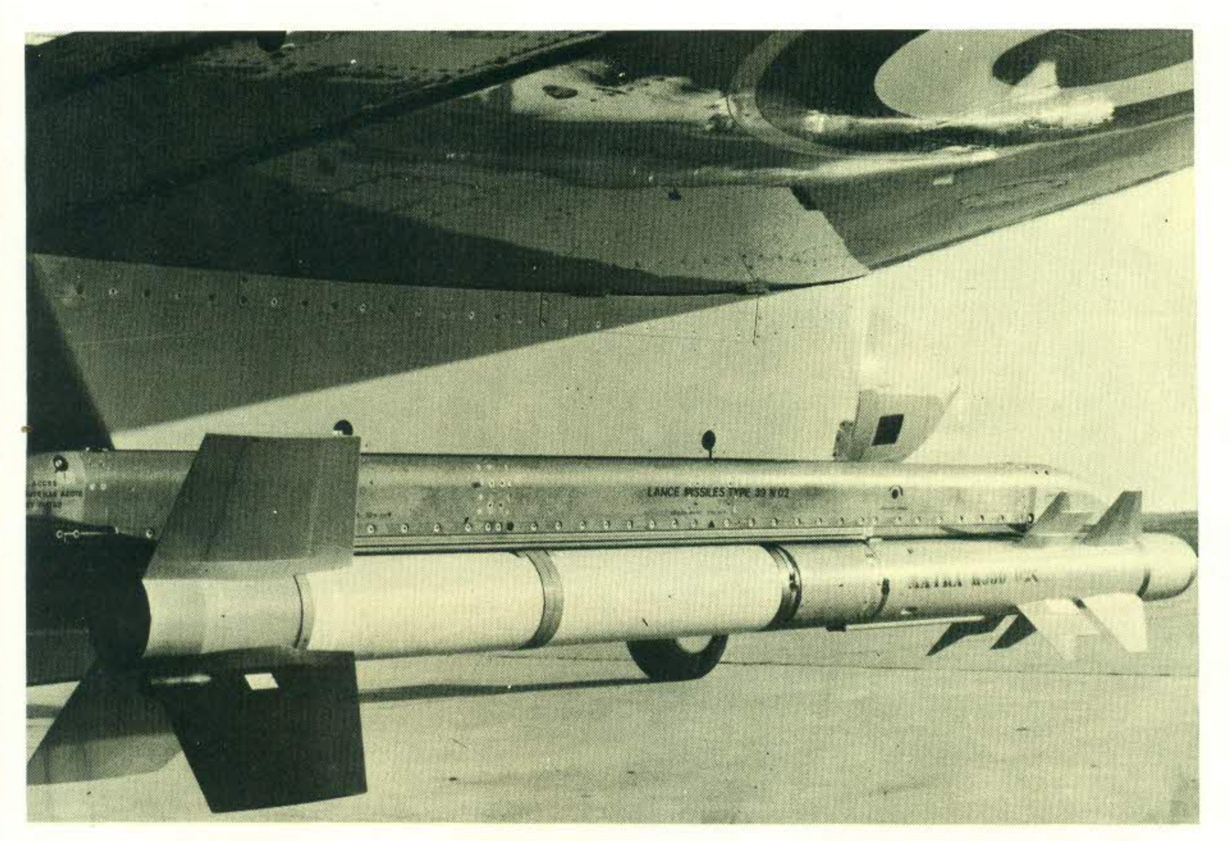
Habían sido bautizados HMS *Resolution* (botado en setiembre de 1966), HMS *Renown* (febrero de 1967), HMS *Repulse* (noviembre de 1967) y HMS *Revenge* (marzo de 1968). Cada uno de ellos lleva 16 Polaris A-3 con cabezas de guerra diseñadas y fabricadas en Gran Bretaña. Al igual que sus contemporáneos norteamericanos, cada submarino tiene a su disposición un poder destructivo que es superior al total de explosivos convencionales utilizados durante toda la Segunda Guerra Mundial.

La URSS también tomaba parte en la carrera y tras adquirir una sólida experiencia con los gigantescos y primitivos misiles de carga propulsora sólida transportados tanto en submarinos tipos G y H propulsados con sistema diesel como equipados con propulsión nuclear (en dos y tres tubos de lanzamiento verticales que se extendían desde la base del casco a través de una extensión del puente en forma de deriva), comenzó a dar a luz una serie de misiles mucho más perfeccionados.

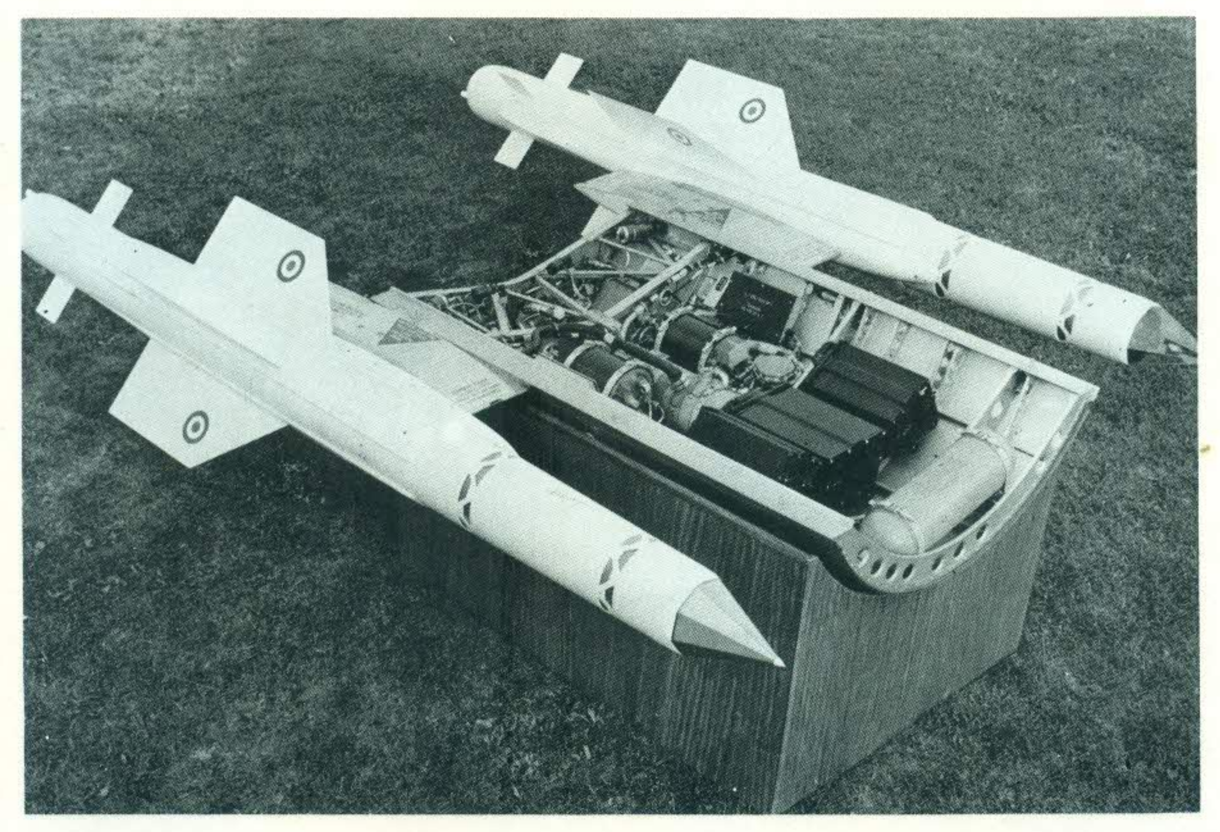
Los submarinos nucleares soviéticos de la clase Yankee llevan 16 misiles SS-N-6 Sawfly



En la fotografía puede observarse un misil soviético AA-2 aire-aire montado en un interceptor MiG-21 PFM de la fuerza aérea India. Esta arma se parece notablemente al Sidewinder de los Estados Unidos y cuenta con un sistema similar de guía infrarrojo. Utilizadores típicos son el MiG 21 Fishbed, MiG-23 Flogger y MiG-25 Foxbat. Ha sido fabricado en serie para los países que integran el Pacto de Varsovia, ampliamente exportado a Corea del Norte, Vietnam del Norte, Egipto, Siria, Cuba, Irak y Finalandia, y construido en la India bajo licencia.



Los franceses describen a su R-550 Magic como un misil de "pelea de perros". En la cola existen derivas rectangulares y detrás de la proa dos series de aletas, una fija y la otra variable. En el combate aéreo cercano el Magic es capaz de realizar giros a elevados "g" que exceden los de los aviones más maniobrables. Este misil se halla en servicio con las fuerzas aéreas francesas sobre diferentes tipos de aviones.



Dos Firestreaks montados en el conjunto lanzador de misiles de un interceptor Lightning. La primera generación de misiles británicos guiados por sistemas IR estaba limitada a ataques de persecución y demostró regularmente una tasa de éxito de más del 85 por ciento durante las pruebas. Fue superada por el Red Top que es un misil más veloz, tiene un mayor alcance y puede ejecutar sus ataques prácticamente desde cualquier ángulo.

cada uno en su casco presurizado. Los misiles Sawfly de dos etapas han aparecido en tres versiones: el Mod I tiene un solo vehículo de reingreso de 1 MT; el Mod 2 ha perfeccionado su rendimiento; y el Mod 3 tiene tres MRV. Los últimos modelos cuentan con un alcance de aproximadamente 3.000 km.

Cuando los satélites de reconocimiento de la Fuerza Aérea de los Estados Unidos obtuvieron fotografías detalladas de los astilleros de submarinos soviéticos, se produjeron formidables sorpresas. En Severdovinsk descubrieron los nuevos submarinos de clase Delta que transportan el misil balístico SS-N-8. Este misil puede tener un alcance de 7.885 km. y los Delta 1 pueden transportar hasta 12 de ellos mientras que los Delta 2 son capaces de lanzar 16 SS-N-8.

Para ser un misil de lanzamiento submarino, el SS-N-8 posee prestaciones sobresalientes. Los disparos de prueba efectuados desde un submarino en el Mar de Barents en octu-

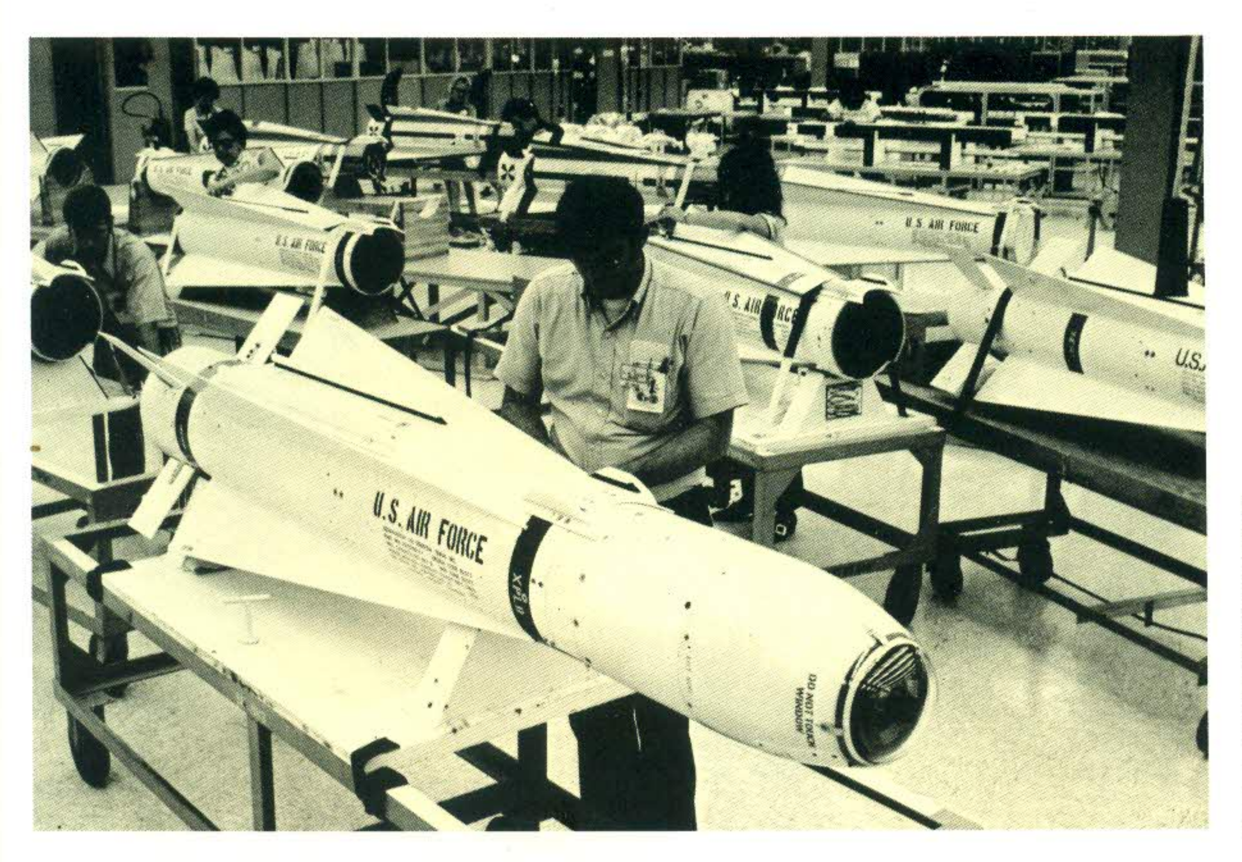


Un caza interceptador todo tiempo Gloster Javelin de la RAF, ya en desuso, nos muestra en esta fotografía su armamento de cuatro misiles Firestreak de corto y medio alcance. Este misil, antecesor de los actuales Sparrow y Skyflash en las fuerzas aéreas británicas, era un arma excesivamente cara y compleja.

En la fotografía puede apreciarse el misil aire-aire Sky Flash, instalado en un McDonnell Douglas F-4 Phantom de la RAF. Este misil todo-tiempo, basado en el AIM-7E Sparrow estadounidense, posee un equipo electrónico de fabricación británica totalmente nuevo, pudiendo ser lanzado a velocidades sub-sónicas y supersónicas. Está diseñado para interceptar blancos que vuelen a más velocidad y mayor altura o menor que el avión de lanzamiento.

bre de 1974 consiguieron impactos de alta precisión en el Pacífico central, sugiriendo indirectamente que los Estados Unidos podrían ser atacados desde una distancia semejante, por ejemplo, desde el Mar del Norte.

Se cree que el SS-N-8 obtiene un curso medio de navegación fijo mediante un sistema de guía inercial-astral. Aparentemente, emplea una carga propulsora líquida almacenable de un tipo que los norteamericanos rechazaron



Misiles aire-aire Falcon en producción para la fuerza aérea de los Estados Unidos. Desde el año 1955, fecha en que entraron en servicio las primeras armas de este tipo, ha aparecido toda una familia de misiles con variantes en el sistema de guía, en el diseño del fuselaje, de la propulsión y en las cabezas explosivas. Los dos tipos básicos cuentan respectivamente con sistemas de guía infrarroja y semi-activa. En Suecia se construyen algunas variantes del Falcon bajo licencia de fabricación.

por considerarla muy peligrosa en sus propios submarinos FBM a la vista de la existencia de misiles, torpedos y cargas de profundidad nucleares.

La contrapartida norteamericana del submarino Delta 2 es el Ohio que está diseñado para transportar no menos de 24 misiles Trident, con alcance que oscila entre los 7.400 y los 7.800 km. Cada misil Trident I, UGM-93A, puede llevar ocho cabezas MIRV de 100-kT. Asociado con el Trident aparece el más avanzado vehículo de re-ingreso, el Evader Mk 500 de la General Electric. Este es el primer Manoeuvrable Re-entry Vehicle - MARV, Vehículo de Re-Ingreso Maniobrable que puede realizar durante el vuelo abruptos cambios de dirección con el propósito de confundir las defensas enemigas equipadas con misiles antibalísticos.

También los chinos han comenzado a desarrollar sus propios misiles balísticos para ser lanzados desde submarinos propulsados con energía nuclear.

Francia, por su parte, cuenta con una flota de submarinos propulsados con energía nuclear, cada uno de los cuales transporta 16 misiles de dos etapas y combustible sólido *Mer-Sol Balistique Stratégique*, MSBS - Misil Balístico Estratégico Mar-Tierra, de diseño y fabricación franceses. Las versiones M1 y M2 transportan cabezas explosivas de 500-kT con alcances de 2.593 km. y 3.148 km. respectivamente. El M1 fue instalado en los submarinos *Le Redoutable* y *Le Terrible*, y el M2 en *Le Foudroyant*. Los misiles M20 con cabezas termonucleares de 1-MT son utilizables en *L'Indomptable*. Los quinto y sexto submarinos franceses portadores de misiles, *Le Tonnant* y *L'Inflexible*, que entrarán en servicio entre los años de 1980 y 1983, transportarán el misil M4, de mayor tamaño, con seis o siete vehículos de re-ingreso múltiples, cada uno de ellos equipado con 150 kT.

Misiles Anti-Balísticos

La "carrera de los misiles" determinó que las superpotencias procurarán hallar los medios de proteger sus objetivos vitales de los devastadores efectos de un ataque nuclear. Desde que la mayoría de los ICBM poseen múltiples cabezas nucleares y/o señuelos lanzables, no resulta una tarea sencilla la de garantizar una protección eficaz, y un ataque decidido seguramente saturaría cualquier sistema defensivo práctico.

En los Estados Unidos el "Safeguard" Anti-Ballistic Missile System - ABM (Sistema de Misiles de Defensa Antibalística) fue desarrollado fundamentalmente como un medio de proteger las bases de ICBM Minuteman. Los primeros emplazamientos designados a este fin fueron la base aérea de Malstrom, en Montana y la de Grand Forks en Dakota del Norte; cada uno de estos complejos contaba con 100 misiles, 30 LIM-49A Spartan de largo alcance y 70 Sprint de corto alcance.

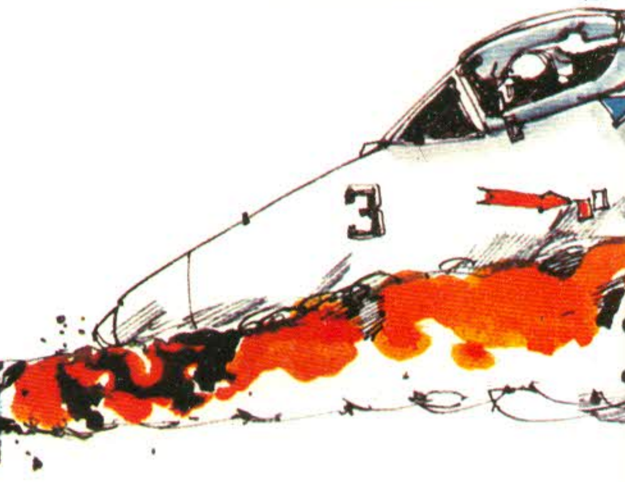
Controlado por un MSR (Missile Site Radar - Radar de Localización de Misiles) el Spartan de tres etapas se lanza desde un silo para interceptar fuera de la atmósfera los vehículos de re-ingreso del misil hostil. La tercera etapa entra en ignición por orden emitida desde la tierra en un momento que depende de la trayectoria precisa que sigue la llegada de la cabeza explosiva atacante, siendo esta trayectoria perfectamente visualizada por veloces computadoras emplazadas en tierra. La intercepta-

Derecha: Hilera de misiles Blue Steel de la RAF, en Scampton. Este gigantesco misil fue utilizado por los Vulcan Mk 2 y Victor del Mando de Bombardeo de la RAF, como parte del aresenal nuclear del Reino Unido. Hacia el final de su vida operativa el entrenamiento de la tripulación estaba dirigido hacia la penetración del espacio aéreo hostil en rasante. El misil Blue Steel fue sustituido en su papel de arma disuasoria por los submarinos Polaris de la Royal Navy.

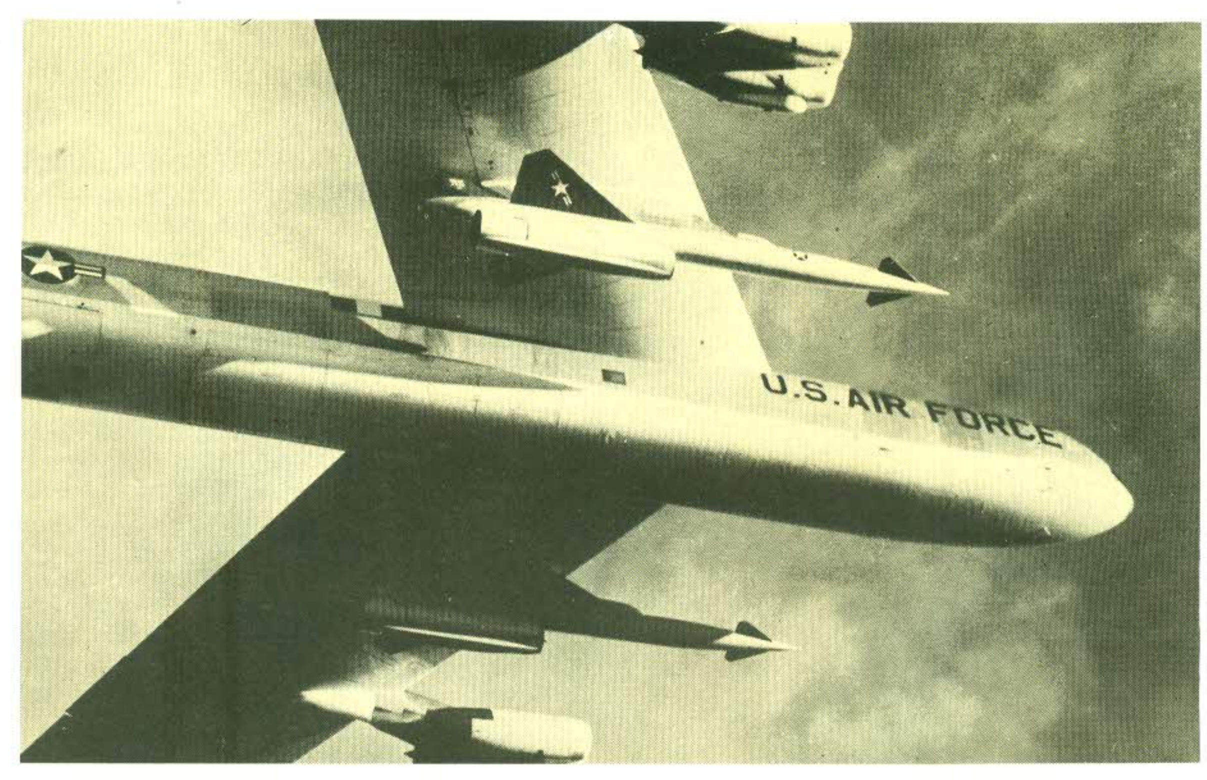


ción, que se ejecuta automáticamente por guía radar, culmina con la detonación de la cabeza termonuclear.

El misil Sprint de dos etapas fue proyectado para cazar *después* de haber entrado en la atmósfera cabezas nucleares ICBM que hubiesen eludido al Spartan. En consecuencia, este misil tiene una altísima aceleración y es lanzado desde su célula subterránea por un propulsor independiente, entrando en ignición la primera etapa ya en el aire. Los cambios rápidos de rumbo que sean necesarios tras el lanzamiento son realizados por un sistema de control vectorial del empuje mediante una inyección de fluido dentro de una tobera de propulsión, y luego, durante la segunda etapa el vuelo se efectúa mediante mandos aerodinámicos.



En colaboración con el sistema de Defensa –o Salvaguardia– existe el Perimeter Acquisition Radar (PAR) –Radar de Adquisición Periférico, localizado en puntos estratégicos alrededor de los Estados Unidos y que proporcionan al MSR datos preliminares de localización del misil atacante. Los datos de apoyo provienen de los radares emplazados fuera del territorio de los Estados Unidos y la Fuerza Aérea norteamericana es alertada rápidamente por el servicio de satélites que pueden detectar el lanzamiento de los ICBM y los SLBM (Misiles Balísticos de Lanzamiento Submarino) - Submarine-Launched Ballistic Missiles, desde su órbita geo-estacionaria debido a que son sensibles a la energía emitida por el escape del cohete agresor durante su lanzamiento.



El misil estratégico AGM-28A Hound Dog fue diseñado para ser lanzado desde un bombardero B-52 a unos 965 km. del blanco previsto. El misil lleva una cabeza termonuclear.

En la Unión Soviética, obviamente, han tenido lugar desarrollos semejantes. Para la defensa de Moscú existen cuatro emplazamientos de 16 misiles antibalísticos Galosh AMB-1.

Estos misiles operan en conjunción con dos emplazamientos de radar "Try Add" que contienen radares de adquisición y seguimientos de guía e intercepción. La alerta temprana de un ataque de misiles depende de los gigantescos radares "Hen House" emplazados

estratégicamente en las áreas periféricas del país y de los radares de adquisición "Dog House" situados en las proximidades de la capital.

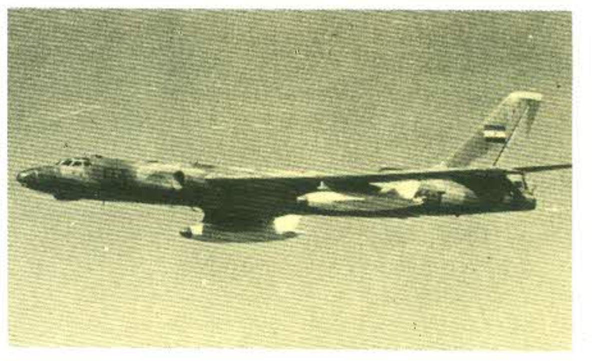
Un nuevo ABM SH-4 exo-atmosférico y un ABM tipo Sprint de alta aceleración han sido experimentados junto con radares más evolucionados. Los satélites de alerta temprana también han superado el estado de pruebas.



El misil balístico soviético SS-4 Sandal fue el proyectil de alcance medio que utilizó el Premier Khruschev para enfrentarse al presidente Kennedy durante la crisis cubana de octubre de 1962.

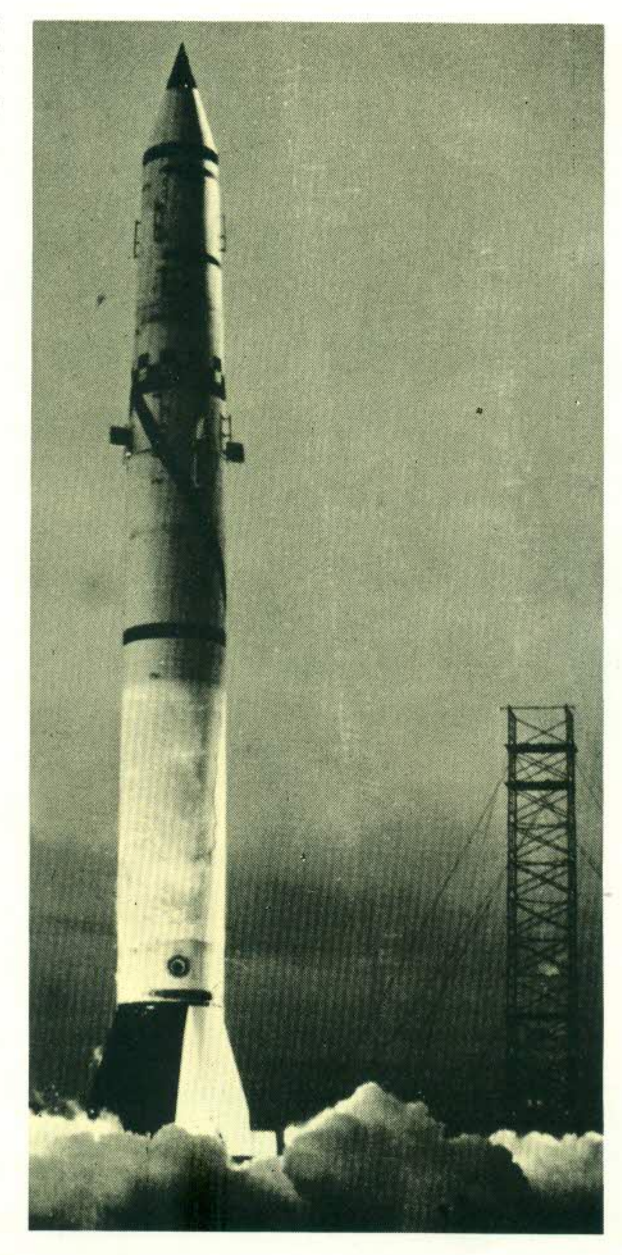
Las Negociaciones SALT

El enorme impulso que imprimieron las principales potencias mundiales a las armas termonucleares durante la década de 1960 condujo a las Strategic Arms Limitation Talks - SALT (Conversaciones sobre Limitación de Armas Estratégicas). Un acuerdo válido durante cinco años firmado por los Estados Unidos y la Unión Soviética el 26 de mayo de 1972 concedía a los Estados Unidos 1.054 misiles ICBM con base terrestre, 44 submarinos FBM y 710 misiles SLBM. La Unión Soviética contaba con un despliegue de 1.618 misiles ICBM con base terrestre, 62 submarinos FBM y 950 misiles SLBM. De todos modos no se estipulaba ninguna restricción respecto de las cabezas nucleares que podía transportar cada misil. Tam-



Los misiles subsónicos de crucero son transportados por bombarderos de largo alcance de la fuerza aérea naval de la Unión Soviética para atacar buques y objetivos costeros. La fotografía muestra un Tu-16 Badger con dos misiles AS-1 Kennel sujetos en soportes debajo de las alas. Están impulsados por turborreactores y tienen un alcance máximo de aproximadamente 150 km. Sobre el orificio de entrada del motor existe un pequeño radomo. Esta arma ha sido totalmente superada por el AS-5 Kelt de propulsión cohete.

El misil tierra-tierra Redstone del ejército de los Estados Unidos se basó en la experiencia obtenida a partir del V-2 alemán. Contaba con aletas refractarias dirigibles que actuaban dentro del chorro del cohete.



Derecha: Cohetes geofísicos soviéticos en el pabellón "Cosmos" durante la Exhibición de Logros Económicos, en Moscú. En primer plano puede observarse una versión soviética del V-2 alemán (denominado por la OTAN con el nombre en código de Scunner) modificado con una ojiva eyectable portadora de instrumental y contenedores eyectables de instrumentos sobre el cuerpo del cohete. A la izquierda puede verse el último cohete geofísico basado en el cohete balístico Shyster. La ojiva está abierta para dejar al descubierto un contenedor esférico de instrumentos.

Página siguiente arriba: Mientras los Estados Unidos y la Unión Soviética negociaban las bases de los acuerdos SALT 2 de limitación en el número de armas estratégicas, la Unión Soviética sólo aumentó la envergadura de sus misiles y su capacidad en explosivos nucleares permaneciendo dentro de los límites numéricos acordados. Este cuadro muestra la escalada de los proyectiles comparada con las armas con que cuenta actualmente el arsenal de los Estados Unidos. De izquierda a derecha: Titan II, SS-7, SS-5, SS-8, SS-4, Minuteman II, SS-11, SS-9, Minuteman III, SS-13, SS-16, SS-19, SS-17, SS-18.

bién fueron dejados fuera de la ecuación los bombarderos estratégicos y no se establecieron límites con relación a los misiles de alcance medio del tipo que podía amenazar fácilmente con la destrucción de Europa Occidental.

Las restricciones alcanzaron, por otra parte, a los misiles anti-misiles. Según lo acordado en el tratado SALT I cada superpotencia podía contar con dos complejos ABM de 100 misiles cada uno. Esto permitió que los rusos conservaran sus defensas ABM en Moscú y, si así lo deseaban, disponer de otro complejo ABM en algún otro emplazamiento.

Los Estados Unidos eligieron no establecer un sistema ABM cerca de Washington pero continuaron con las instalaciones próximas a la base de Minuteman en Grand Forks, Dakota del Norte. Otros emplazamientos que por entonces se hallaban en etapa de construcción fueron abandonados a pesar de los acalorados debates públicos.

El *status quo* fue reconocido en el año 1974 cuando se efectuó un anexo al Tratado de 1972 que limitaba a sólo uno los complejos ABM con que podía contar cada signatario. Sin embargo, en 1975 los emplazamientos ABM de Grand Forks fueron abandonados como medida económica, en el momento en que estaban convirtiéndose en operativos dejando a Moscú con el único complejo ABM de "alerta".

Los esfuerzos realizados en el sentido de abarcar un mayor concepto de limitación de armas estratégicas en interés de la "distensión" condujo a una segunda ronda de negociaciones (SALT 2), que se concretó con la reunión que mantuvieron el presidente norteamericano Gerald Ford y Leonidas Brezhnev, presidente del partido comunista de la Unión Soviética en Vladivostok durante los días 23 y 24 de noviembre de 1974. Este encuentro concluyó cpn el denominado Acuerdo de Vladivostok, en anticipación de un tratado de diez años según el cual los dos países establecerían un techo de 2.400 en relación con todos los sistemas de producción nuclear estratégica: terrestre, aérea y submarina. A lo sumo, sólo 1.320 unidades podían ir equipadas con cabezas explosivas MIRV.

Los negociadores de Ginebra asumieron la responsabilidad de trabajar sobre los detalles

de un acuerdo que, en el mejor de los casos, sería firmado a mediados de 1975. Según el Acuerdo, la URSS ya había obtenido una concesión fundamental. El misil ICBM de mayor tamaño que Rusia había puesto en servicio para sustituir a los envejecidos SS-7, SS-8, SS-9, SS-11 y SS-13 era capaz de llevar cabezas nucleares más pesadas que los misiles norteamericanos contemporáneos ICBM. Aun cuando serían restringidos en el número de cabezas explosivas MIRV, muchos de ellos tendrían un peso de lanzamiento de explosivos nucleares mayor que sus equivalentes norteamericanos.

Asimismo, los soviéticos habían comenzado recientemente a desarrollar el bombardero supersónico Backfire B y aunque aseguraban que no tenía misión estratégica, si era reaprovisionado en el aire podía volar fácilmente hasta los Estados Unidos y regresar a su base. La aprensión norteamericana difícilmente podía disminuir a la vista de que este formidable aparato era capaz de acomodar dos gigantescos misiles en los soportes que llevaba debajo de sus alas. Hasta ahora, sin embargo, este último supuesto no se ha visto confirmado.

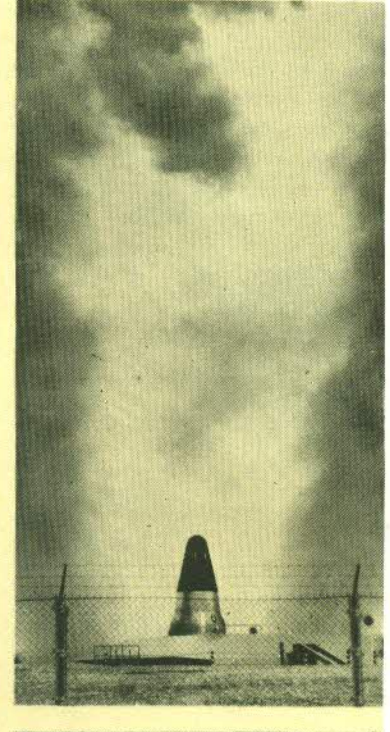
Por su parte, los soviéticos estaban muy interesados en los progresos que estaban logrando los norteamericanos con el Air-Launched Cruise Missile - ALCM (Misil Crucero de Lanzamiento Aéreo) que podía ser transportado por los B-52 y los proyectados bombarderos estratégicos B-1. No menos de ocho ALCM podían acomodarse en un compartimiento de armas provisto de un lanzador rotativo, y doce misiles más eran susceptibles de montarse debajo de las alas. El B-1, por su parte, podía transportar 24 misiles, todos ellos en el interior del fuselaje.

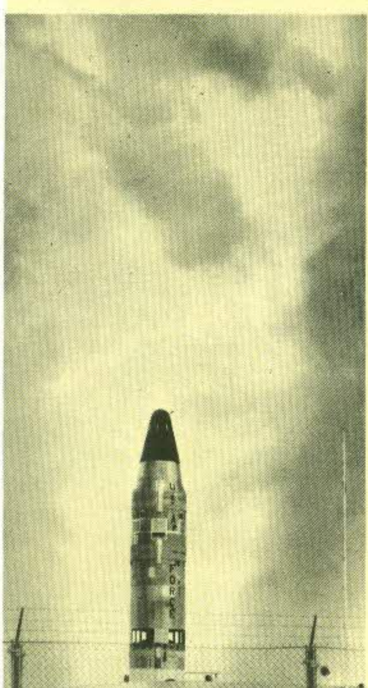
El almacenaje compacto de los Boeing ALCM – que comenzó sus vuelos de prueba desde un B-52 sobre White Sands, en Nuevo Méjico, a principios del año 1976 – se consigue replegando las superficies de las alas y de la cola y retrayendo la toma de aire del motor en la parte posterior del fuselaje. Después de que el ALCM abandona el bombardero la toma de aire del motor aparece repentinamente,

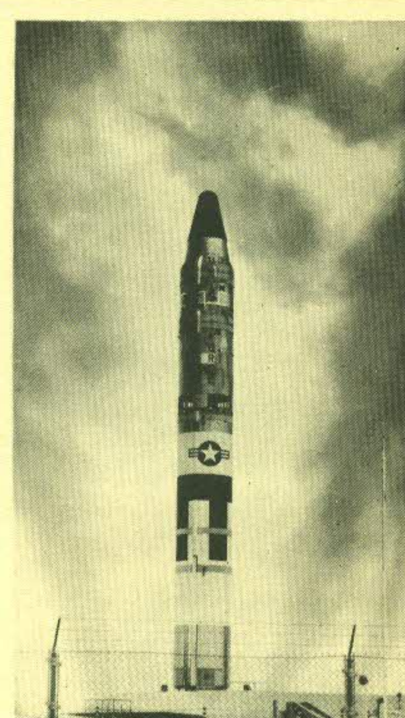


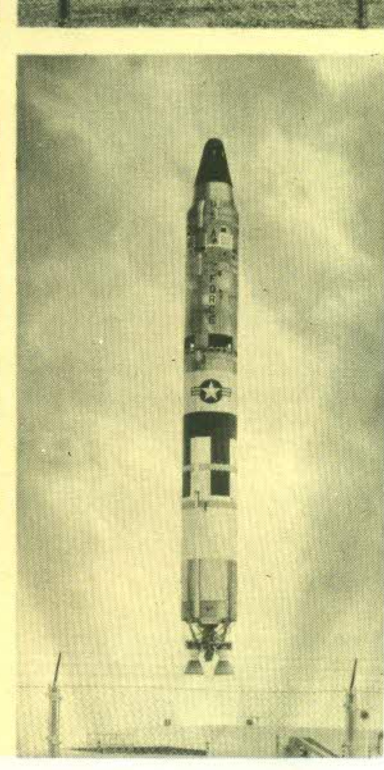
Los misiles balísticos de alcance intermedio Thor estuvieron basados en el este de Inglaterra entre los años 1958 y 1963. Eran operados por la RAF pero la fuerza aérea de los Estados Unidos tenía autoridad sobre las cabezas termonucleares. Cuando los misiles ICBM Atlas y Titan permitieron tener a la Unión Soviética dentro del alcance de las bases emplazadas en los Estados Unidos, los Thor fueron retirados de Inglaterra. El gobierno británico había planeado sustituirlos por Blue Streak instalados en silos subterráneos pero esta iniciativa fue cancelada en 1960.











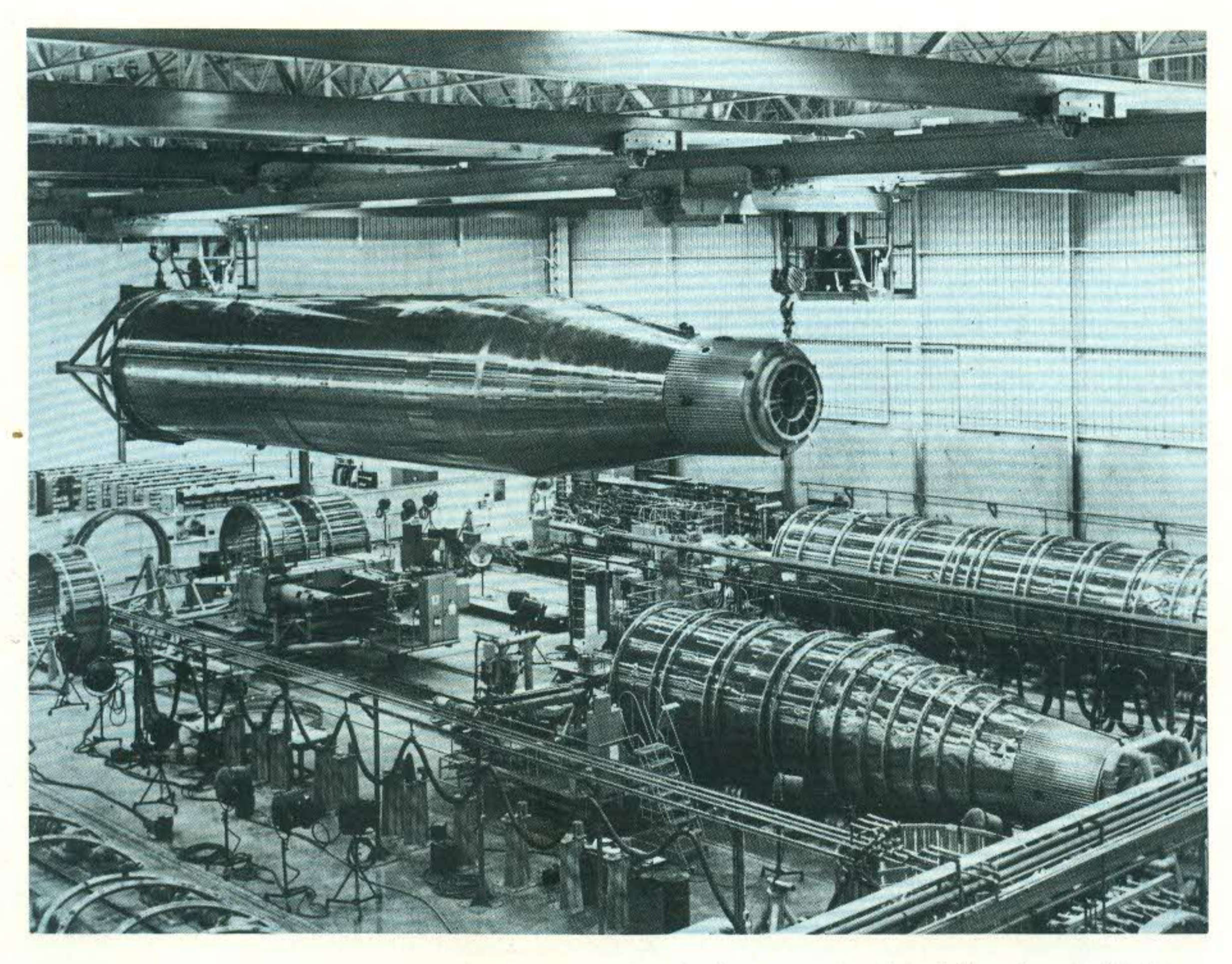
El Titan II, el ICBM más grande y poderoso de todo el arsenal norteamericano, es lanzado desde un tipo de silo operacional en Vandenberg AFB, California. (a): chorros gemelos de humo brotan con un rugido desde los respiraderos a ambos lados del silo de 44,5 m. de profundidad cuando los motores entran en ignición. (b): la punta del cohete, u ojiva, aparece sobre el nivel del suelo. (c, d, e): el misil surge rápidamente del silo hasta que su longitud total de 31,4 m. está a la vista. En la actualidad, el número total de estos misiles dispersos sobre el territorio de los Estados Unidos es de 54 unidades, equipadas con cabeza múltiple Mk 6.

las superficies de cola se despliegan, el motor turbofan entra en funcionamiento y las alas se proyectan hacia afuera como las hojas de una navaja.

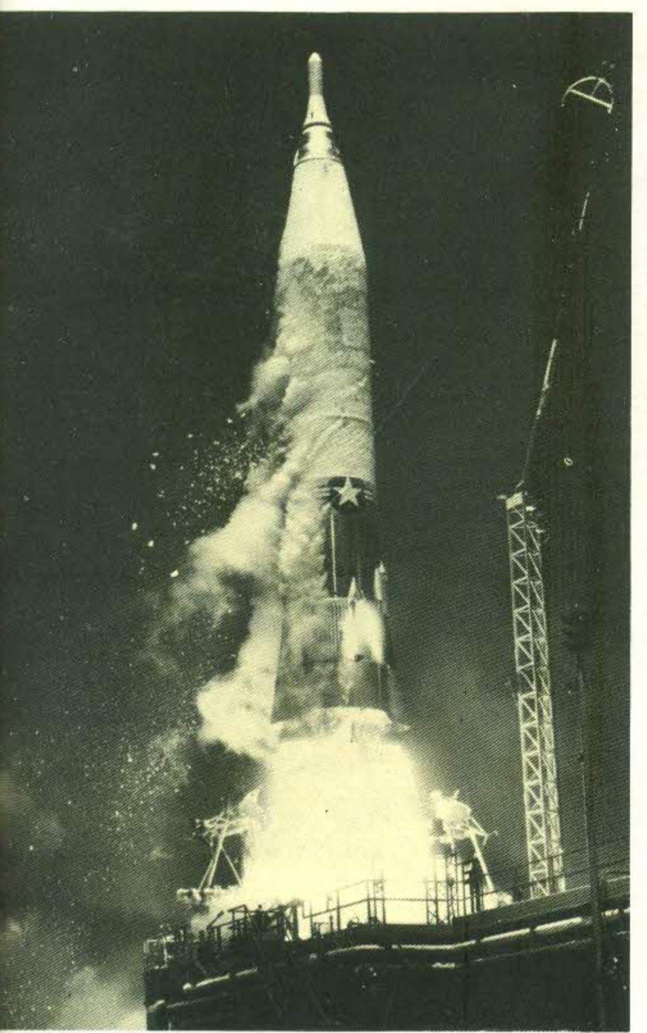
Los mejores atributos del ALCM son su pequeño tamaño y su capacidad para picar casi hasta rozar las copas de los árboles cuando penetra en territorio enemigo. En el camino hacia el blanco un programador gobierna los cambios de rumbo de modo que el misil pueda volar eludiendo las posiciones defensivas conocidas al mismo tiempo que proporciona informaciones inmediatas a su "navegante" con el objeto de que éste suministre las instrucciones precisas para el asalto final al objetivo pre-establecido.

Los trabajos realizados sobre el tema de los misiles crucero para la marina de los Estados Unidos también habían progresado mucho en el año 1976 hasta el punto de practicarse algunos disparos de prueba del General Dynamics Tomahawk. Diseñado para ser lanzado desde los tubos de torpedos de los submarinos, una variante del Tomahawk también ha sido montada en el lanzador rotativo de un B-52 para comprobar si un mismo misil básico podía servir para aplicaciones de lanzamiento tanto aéreo como marítimo.

En su variante submarina, un motor impulsor de combustible sólido entra en ignición debajo del agua y el misil es lanzado hacia la superficie mediante un control de empuje vectorial. Una vez que el misil ha emergido del mar, dispositivos explosivos separan las cubier-



El tanque de 18,3 m. de longitud construido para el misil balístico intercontinental Atlas es trasladado hasta el área de ensamblaje final en la planta de producción sita en San Diego, California. El tanque de revestimiento delgado de acero inoxidable está presurizado a fin de que conserve su forma. Durante el ensamblaje final el tanque es montado al sistema de propulsión y otros sistemas –guía y control, suministro de potencia y energía, telemetría, etc.– son ajustados. Aun cuando ya no es un arma operacional, el Atlas ha sido utilizado ampliamente en los programas espaciales de los Estados Unidos.



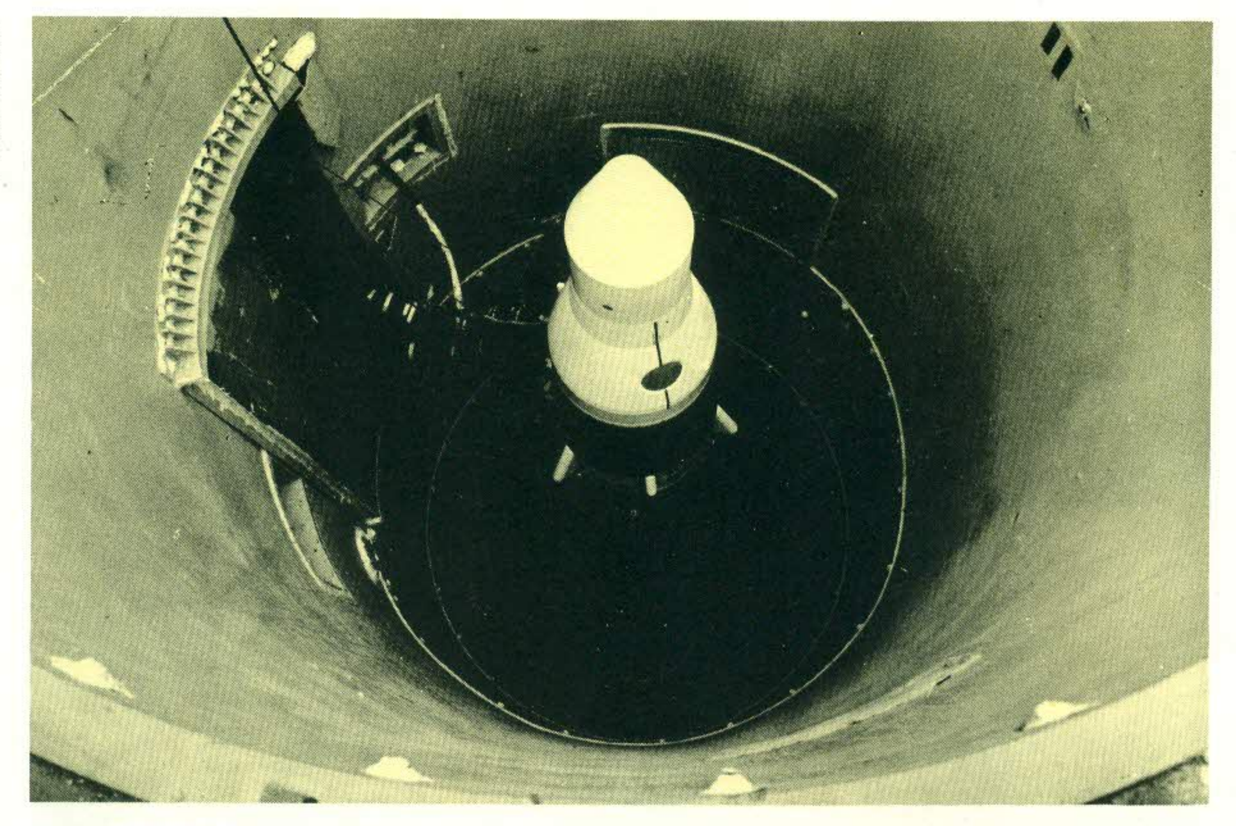
Izquierda:
Un cohete ICBM Atlas es lanzado desde el Centro de Pruebas de Misiles de la Fuerza Aérea de los Estados Unidos en la Base Patrick de la fuerza aérea, en Florida. Este arma ya se ha retirado del servicio operacional ya que su papel ha sido asumido por el Titan II y los misiles de la familia de los Minuteman. Hacia el final de su vida, el Atlas proporcionó blancos para los misiles antibalísticos de los Estados Unidos lanzados experimentalmente desde el Atolón de Kwajalein, en el Océano Pacífico. El Atlas participó también en todos los vuelos orbitales tripulados del programa Mercurio, y fue utilizado en los vehículos de lanzamiento Atlas-Agena y Atlas-Centaur.

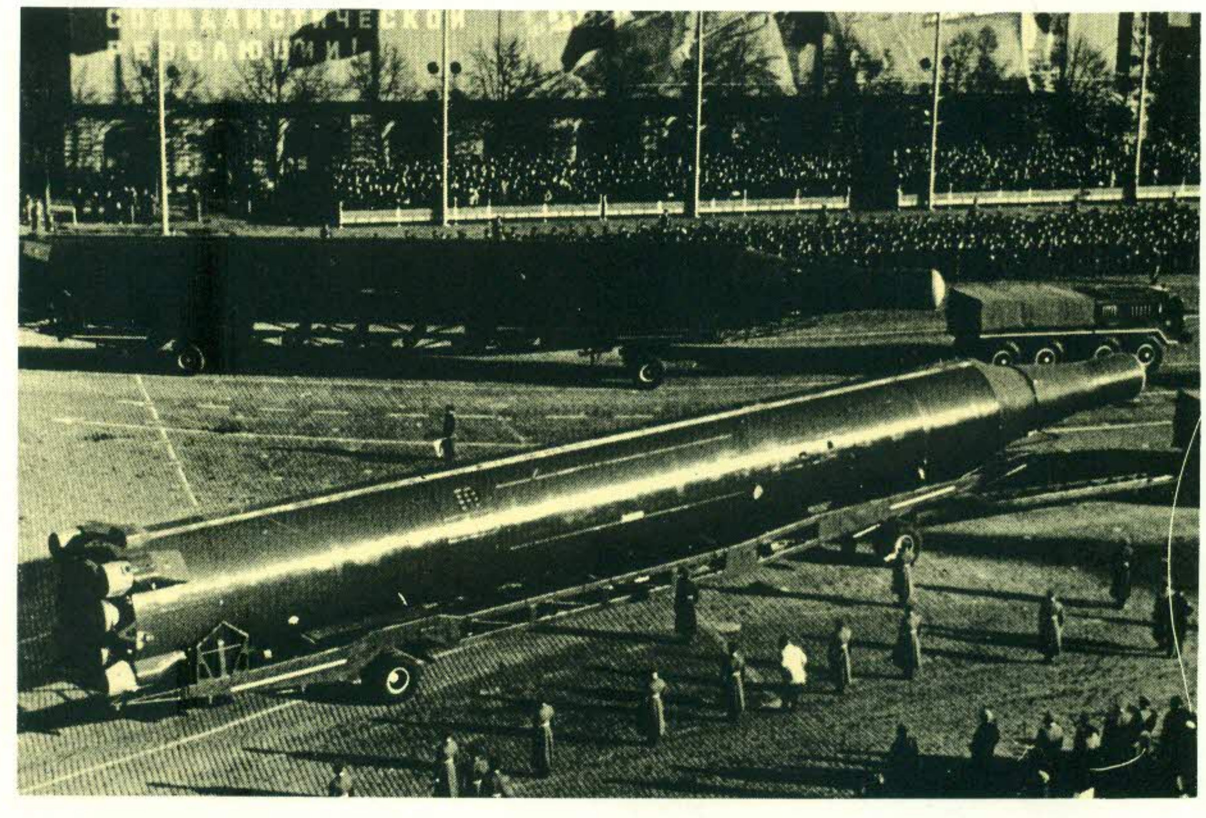
tas de la toma de aire del motor turbofan y tres derivas replegadas ocupan su lugar. Las cubiertas de las ranuras de las alas son desprendidas y alas de gran alargamiento se despliegan hasta ocupar su posición de vuelo. El Tomahawk entonces se encamina hacia su blanco utilizando técnicas de comparación con el terreno semejantes a las descritas en el Boeing ALCM. Contra los buques enemigos puede utilizarse una variante que emplea un sistema de guía diferente.

Los negociadores soviéticos en las reuniones SALT 2 han realizado enormes esfuerzos para limitar el alcance de los misiles cruceros a 600 km. La cuestión no obstante se ha visto complicada por el hecho de que la mayoría de los blancos estratégicos soviéticos se hallan emplazados muy en el interior de su territorio mientras que muchos blancos estratégicos norteamericanos están situados en áreas costeras. Mayor aún es la complejidad causada por la similitud externa de las versiones nucleares o convencionales que imposibilitan a los soviéticos distinguir mediante satélites de reconocimiento unas de otras, lo que les ofrecía escasas garantías de cumplimiento norteamericano de los límites SALT-2.

Cuando Jimmy Carter se convirtió en presidente de los Estados Unidos en el mes de enero de 1977, se otorgó una suprema prioridad a la iniciativa de conseguir una pronta resolución a las negociaciones SALT 2. Durante su primera conferencia de prensa el presidente expresó su voluntad de completar las negociaciones sin llegar a un acuerdo sobre las com-

Un Minuteman ICBM instalado en su silo. La fuerza total de 1.030 misiles desplegada en los Estados Unidos comprende 450 LGM-30F (II) y 550 LGM-30G (III). El primitivo Minuteman I ya no se halla en servicio.





El equivalente soviético del Titan II de la Fuerza Aérea de los Estados Unidos es el SS-9 Scarp. Puede transportar una única cabeza explosiva de 20-25 megatones o tres MRV de 5 megatones.

plicadas controversias entre el bombardero ruso Badkfire y los misiles crucero de los Estados Unidos. Existían asimismo esperanzas de que los límites impuestos sobre el número de los sistemas de producción nuclear podrían verse reducidos por debajo de las cifras previstas por el "Acuerdo de Valdivostok".

El presidente Carter, asimismo, exhortó a la Unión Soviética para que interrumpiera el despliegue de sus últimos misiles balísticos de alcance medio apuntados hacia blancos de Europa Occidental. En esta argumentación resultaba fundamental el SS-20 montado sobre su lanzador móvil que, al menos en lo que se refiere a sus versiones primitivas, no tenía un alcance inter-continental y por tanto permanecía fuera del contexto de las negociaciones SALT en curso. Los Estados Unidos, decía el presidente, estarían deseosos de responder a esta iniciativa interrumpiendo el desarrollo de armas similares.

La llegada a la Casa Blanca de Ronald Reagan ha dificultado con sus conocidas posturas intransigentes el proceso de la "distensión" en

Europa, acrecentada negativamente por el despliegue soviético de los SS-20 y el previsto de los norteamericanos Pershing y Lance con cabezas nucleares de radiación intensiva, las popularmente denominadas "bombas de neutrones".

MISILES AIRE-AIRE

CHINA

Sb 06

En la República Popular China hay en producción un misil aire-aire al que se le atribuye en Occidente la denominación de 06. De su auténtica denominación no tenemos garantías. Este misil, al que el departamento de la defensa americana y la NATO extendió la denominación de AA-2 Atoll, no es otro que la copia china del americano Philco AIM-9B Sidewinder 1A, que según algunas fuentes es producido en la URSS con la denominación de K-13. Es inútil extenderse en descripciones del Sb 06 en cuanto que es idéntico al K-13



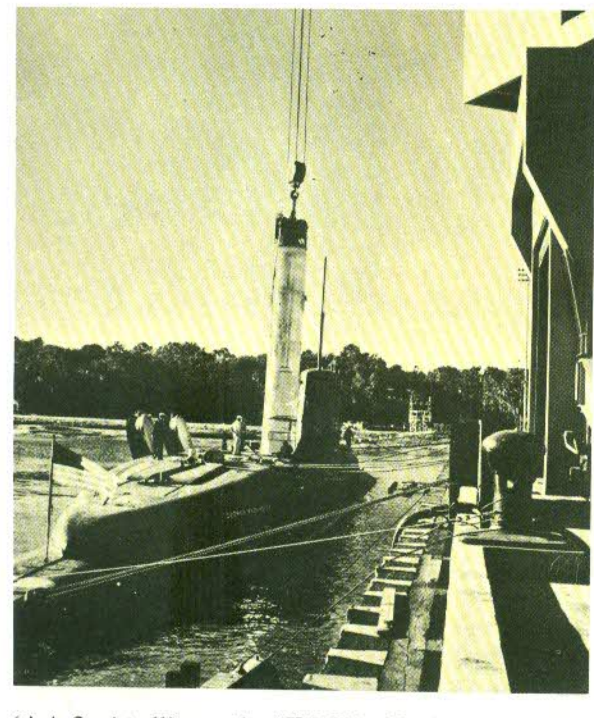
En Francia, los silos de lanzamiento han sido construidos subterráneamente en la zona de Albion Plateau en Alta Provenza. Este es uno de sus misiles Sol-Sol Balistique Strategique (SSBS), situado en un vehículo transporte erector.



El SS-13 Savage de tres secciones emplea propelente sólidos y es la réplica soviética al Minuteman I, aunque de ellos solamente existen unos 60, dispersos en la zona de Plesetsk, al sur de Archangel.



En la fotografía, el transporte soviético denominado por la OTAN con el nombre en código Scamp, contiene el misil de dos etapas Scapegoat, arma que, junto con otras del mismo tipo, prestan servicio operativo junto a la frontera china.



La creciente vulnerabilidad ante los ataques nucleares de los ICBM almacenados en refugios terrestres ha conducido a misiles lanzados desde el mar. En la fotografía puede observarse un misil Polaris mientras es cargado a bordo del submarino nuclear USS George Washington.

(AA-2 Atoll) y al AIM-9B. Está en servicio con la aviación de la China Popular y la pakistaní; las dos la utilizan como arma aire-aire sobre los cazas MiG-19 y el MiG-21. Es posible que haya sido utilizado en la aviación de Viet-Nam del Norte.

FRANCIA

MATRA R.530

La MATRA es una joven industria francesa con intereses diversos, entre los que se encuentra el muy importante de los misiles. En competencia directa con la Nord Aviation, la MATRA desarrolló su misil aire-aire R.510 producido en corta serie y utilizado para el adiestramiento de tiro aire-aire a finales de los años cincuenta. Fue seguido por el R.511 guía radar, construyendo cerca de 1.000 ejemplares que armaron por un cierto período los cazas interceptadores Mirage III-C y Vautour IIN, hasta que fueron casi completamente sustituidos por el bastante mejor R.530.

Desarrollado al inicio de los años sesenta, el R.530 nació para responder a una ambiciosa especificación de l'Armée de l'Aire que buscaba la sustitución del R.511 y la posibilidad de a) atacar al adversario a cualquier cota; b) atacar al adversario en cualquier dirección; c) atacar al adversario en condiciones todo tiempo; d) alcance util de 8-10 km.; e) invulnerabilidad a las contramedidas; f) alta efectividad y elevado coeficiente de utilización; g) alto poder destructivo; h) facilidad de empleo. La MATRA responde con el proyecto de un misil que en cualquier caso supera incluso lo pedido y de buenas características en general, aunque con las inevitables penalizaciones en peso, costo y complejidad.

El misil puede utilizar dos cabezas autobuscadoras, una por radar y otra por el sistema de guía de radar de tipo proporcional, requiere la presencia de cierto equipo sobre el avión lanzador. En la práctica los mismos equipos son necesarios también para la versión de guía IR ya que es necesario un sistema de enfriamiento de la cabeza IR, eliminación de la "sombra" del avión lanzador y la "armonización" con los datos de tiro y atmosféricos proporcionados por la dirección de tiro del vector.

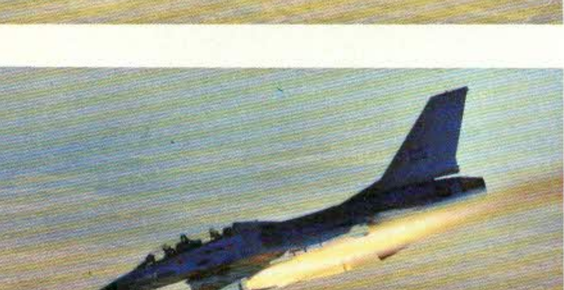
El R.530 es pues un misil aire-aire "importante" utilizable por aviones preparados, como el Vantour IIN, el Mirage IIIC, el Mirage

F-1 y el F-8E (FN) Crusader.

Estructuralmente, el misil se compone de un radomo o irdomo cónico, esférico que contiene el sistema de guía, una sección con acelerómetros y giroscopios, batería, seguro de cápsula, cabeza explosiva (constituido a elección por dos tipos de cargas Hotchkiss-Brandt de 27 kg.) y el motor-cohete bipropelente Hotchkiss-Brandt de 8.500 kgs. Las superficies aerodinámicas están constituidas por cuatro alas delta sobre las cuales hay un alerón para el control del alabeo y cuatro estabilizadores de cola actuados por servomandos controlados por el sistema de guía. El R.530 permite atacar al adversario en 360° horizontalmente y 180° hacia abajo en vertical, con preferencia por la geometría de ataque hacia el sector delantero. La versión IR es preferiblemente para empleo a baja y alta cota con ataque desde atrás, mientras en otras situaciones o en condiciones de vuelo todo tiempo, es preferible el empleo de la cabeza electromagnética.

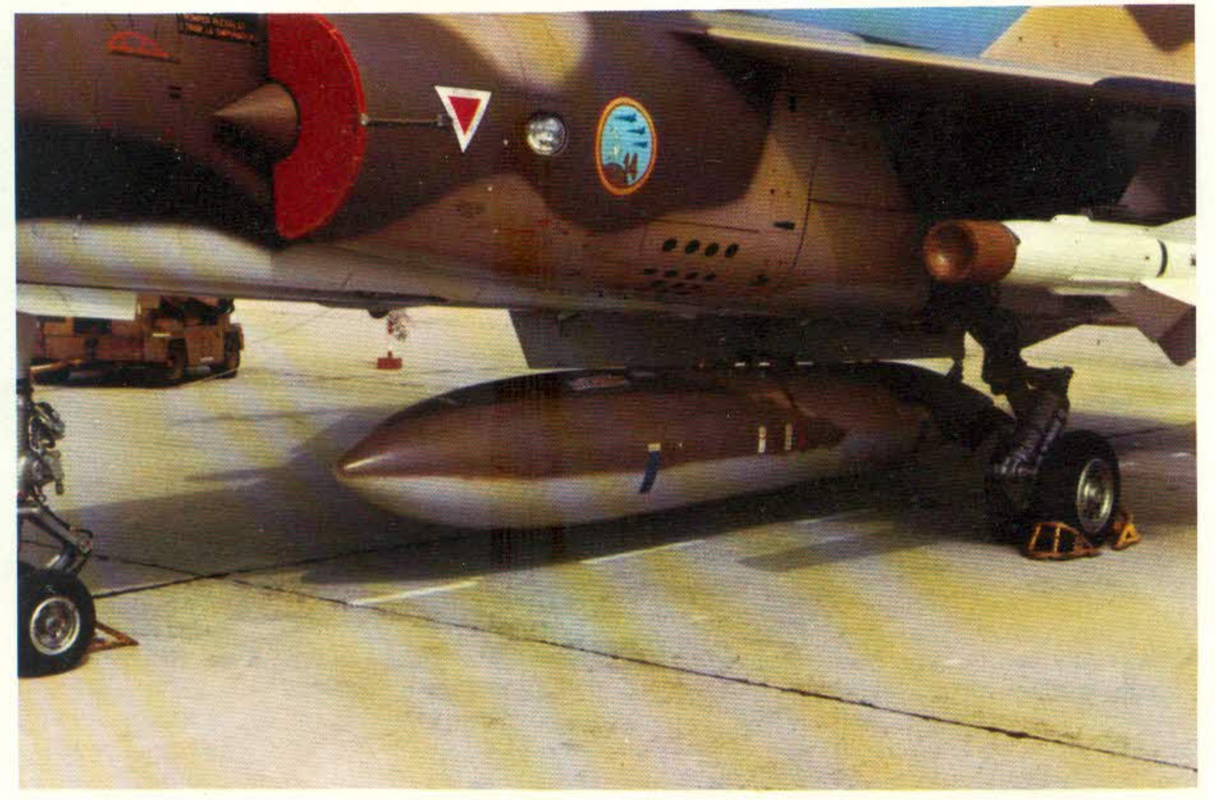
El R.530 ha sido producido en 1.300 ejemplares utilizados en Australia, España, Francia, Israel, Pakistán y Sudáfrica. Durante la guerra de los seis días los judíos han hecho amplia utilización de él con óptimos resultados y parece que han agotado las existencias, mientras que los pakistaníes han limitado su uso a causa del elevado coste del arma, (algunos millones de pesetas).

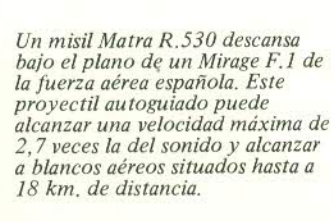






Esta secuencia fotográfica muestra el lanzamiento desde un caza bombarder F-16 Fighting Falcon de un misil aire-superficie AGM-65 Maverick de guía óptica-electrónica (televisiva), durante unos ejercicios de evaluación en un polígono de tiro del desierto americano de Nuevo Méjico.





Un misil Matra R.530 descansa bajo el plano de un Mirage F.1 de la fuerza aérea española. Este proyectil autoguiado puede alcanzar una velocidad máxima de 2,7 veces la del sonido y alcanzar a blancos aéreos situados hasta a 18 km. de distancia.

MATRA R.530
Misil aire-aire de alcance medio

Planta motriz: un motor cohete de propelente sólido de etapas internas Hokis-Brandt con una carga SNPE Maire Antoinette de plastorgol con duración de combustión de 2,7 sg para el booster y de 6,5 sg para la etapa de crucero con un empuje máximo de 8.500 kg.; el propelente está constituido por perclorato amónico y un apelmazante plástico. Dimensiones: envergadura 1,10 m.; longitud 3,28 m.; diámetro del fuselaje 0,26 m.; ancho máximo

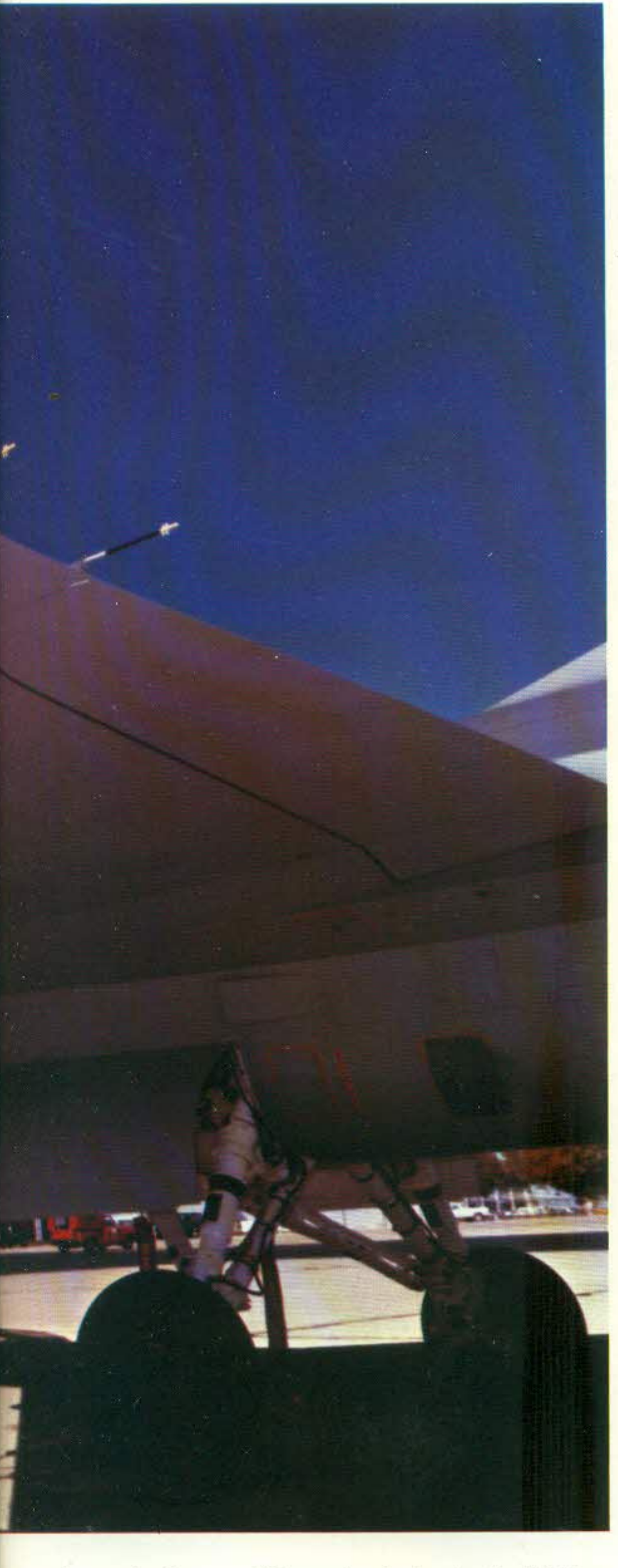


Un Philco-Ford AIM-9J Advanced Sidewinder en su lanzador de punta de ala de un F-16. La fotografía permite apreciar con detalle su morfología exterior, en la que se aprecian las nuevas aletas delanteras para mejorar su maniobrabilidad y el escape de su también nuevo motor cohete Mk 17.

(aletas en diagonal) 0,66 m. Peso: al lanzamiento 195 kg. Cabeza de guerra: dos cargas a elegir Horkiss-Brandt de alto explosivo convencional con espoleta de proximidad o retardada de 27 kg. Sistema de guía: autodirector electromagnético con ángulo de exploración de 45° o cabeza autobuscadora IR. Prestaciones: velocidad máxima Mach 2,7; alcance máximo 18 km.

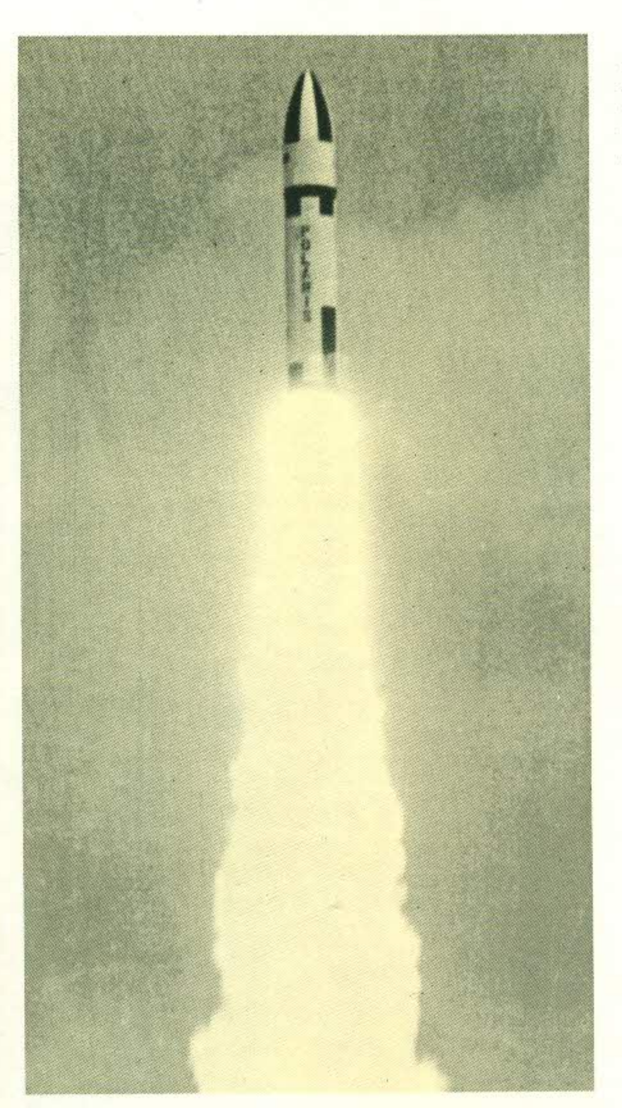
MATRA Super 530

Del MATRA R.530 se ha derivado un misil que, más que una nueva versión del anterior como deja suponer su nombre, es en realidad un arma completamente nueva. El Super 530 manteniendo muchas de las características básicas del R.530 posee un alcance muy superior cercano a los 35 km., es naturalmente de guía radar y alcanza una velocidad de aproximadamente Mach 4,5. La tecnología del propulsor habría podido permitir un alcance aun mayor, pero MATRA no ha querido soportar la necesidad de direcciones de tiro de mayores dimensiones y complejidad. Aunque maquetas del Super 530 se exhibieron en el Salón de la

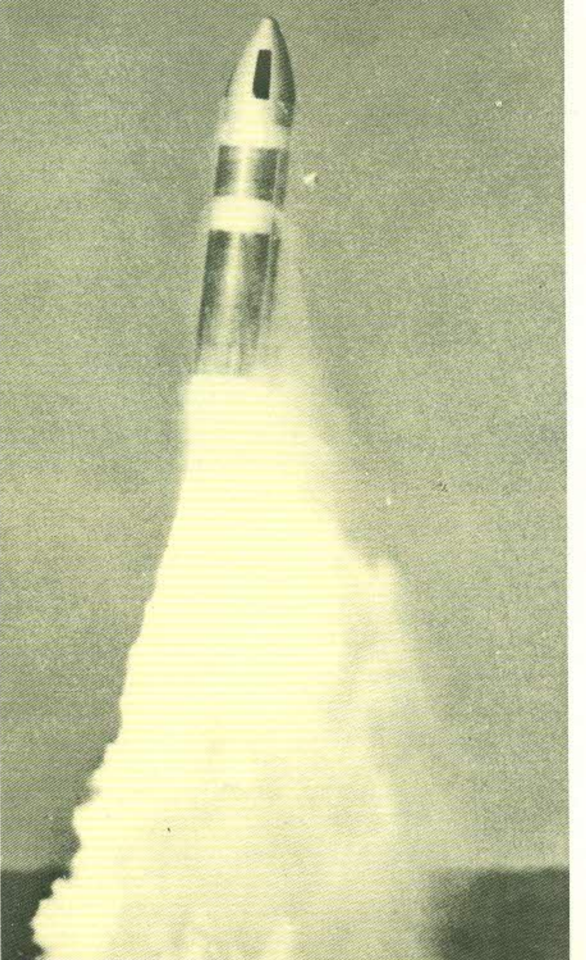




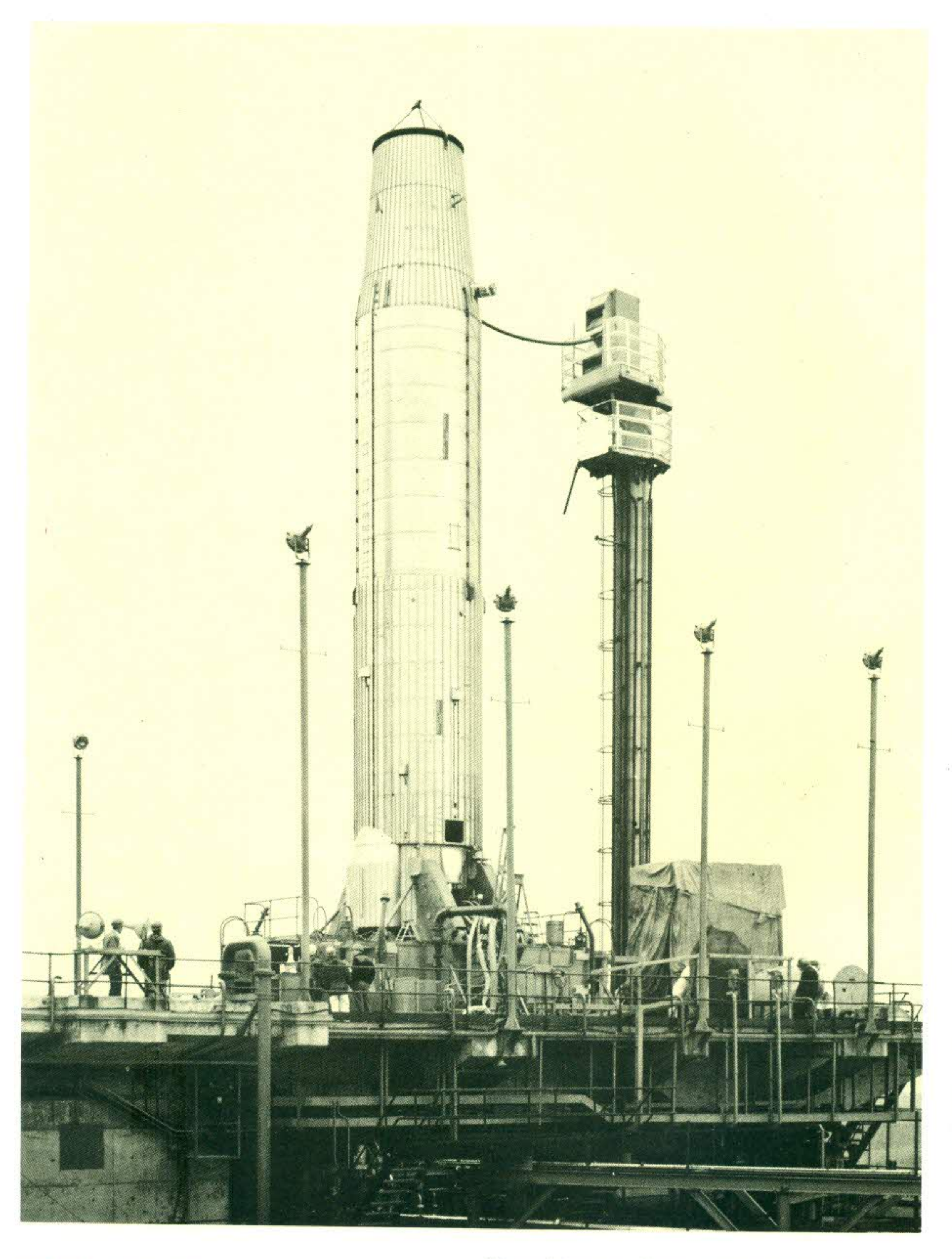
Aeronáutica y el Espacio de junio de 1973 en París, las primeras pruebas de lanzamiento habían tenido lugar en enero de 1971 seguidas en septiembre de 1972 de las pruebas en vuelo del sistema de guía; teniendo lugar el lanzamiento del primer ejemplar completo el 27 de febrero de 1973. El programa de desarrollo iniciado en 1974, se ha mantenido hasta 1977 iniciándose entonces la producción de ejemplares de preserie. El misil equipa inicialmente a los cazas interceptores Mirage F 1C de l'Armée de l'Air.



Un Polaris A-3 inicia una prueba balística en el Atlantic Missile Range. Este arma puede distinguirse de las que le antecedieron por su ojiva en forma de bala; posee nuevos motores cohete, nuevos sistemas de control y nuevos sistemas de guía. Su alcance es superior a los 4.020 km.



El Poseidón C3, armado con cabeza múltiple, independientemente orientadas hacia blancos distintos, posee una gran eficacia en la penetración de defensas enemigas.
Es transportado por 31 de los submarinos FBM de la armada de los Estados Unidos cada uno de los cuales cuenta con 16 tubos de lanzamiento.



El misil balístico de alcance intermedio británico Blue Streak fue previsto para ser lanzado desde silos emplazados en Gran Bretaña y el Medio Oriente. El proyecto fue cancelado en el año 1960 debido al alza de los costos y a la creciente vulnerabilidad que manifestaban los misiles emplazados en tierra firme.

MATRA Super 530
Misil aire-aire de alcance medio-largo
Planta motriz: un motor cohete de propelente sólido Hotchkiss-Brandt con una carga SNPE Angele de burtagol 1500 de dos velocidades de combustión y 3.450 kg. de empuje después de 4 sg de funcionamiento. Dimensiones: longitud 3,54 m.; diámetro del fuselaje 0,26 m.; pesos: al lanzamiento 235 kg. Cabeza de guerra: Tomson-Brandt con espoleta de proximidad Tomson-CSF. Sistema de guía: radar semiactivo con cabeza buscadora electroniki Marcel dassault Super AD 26/RR.1. Prestaciones: velocidad máxima 4.778-5.510 km/h. (Mach 4,5).

MATRA R.550 Magic
También MATRA ha querido introducirse en el terreno del combate evolucionante (Docfighters) con misiles aire-aire de corto alcance, superando algunas de las imitaciones del americano AIM-9 o sus homólogos soviéticos. El Sidewinder por ejemplo, sólo puede atacar el

objetivo en un sector angular limitado ya que debe orientarse hacia las toberas de escape y su radio de maniobra es reducido.

La MATRA comienza a elaborar el proyecto R.550 Magic en 1967, de propia iniciativa. En 1969 obtiene un contrato gubernativo para continuar el desarrollo. Previsto en el presupuesto de 1971 L'Armée de l'Air ha asignado al programa 30 millones de francos.

El primer ejemplar completo fue lanzado el 11 de enero de 1972 alcanzando un blanco teledirigido CT-20 mientras giraba evasivamente. El Magic se distingue exteriormente por su fórmula de doble canard: a proa en efecto hay cuatro aletas fijas. El sistema de guía es obviamente, a rayos infrarrojos, realizado por SAT, y se caracteriza por un amplio sector de exploración y estar equipado con un sistema de enfriamiento, su carga bélica se supone de unos 12-20 kg., siendo su motor cohete de propelente sólido realizado por Hotchkiss-Brandt con propelente SNPE. El Magic funciona en cualquier posición y en cualquier geometría de ataque, con un giro útil comprendido entre 185 y 200 m. (oficialmente menos de 500.) y 6.000 m. Su estructura y sistema de guía es capaz de soportar una aceleración de 7 kg.

El Magic ha entrado en servicio con L'Armée de l'Air en 1974, mientras la fabricación en serie ha comenzado en gran escala en 1975. El arma que es compatible con la guía de lanzamiento usada por el Sidewinder, es utilizada por el Mirage III, Mirage F-1 (C) y Jaguar de l'Armée de l'Air y en el F-8E (FN) de l'Aeronavale francesa. En un futuro equipara al Super Mirage (ACF) y al Super Etendard. El R.550 está también en servicio en Africa del Sur y en otros países poseedores de Mirage.

MATRA R.550 Magic
Misil aire-aire de corto alcance
Planta Motriz: un motor cohete de propelente sólido Hotchkiss-Brandt con una carga SNPE Romeo de butargol 1500 de dos velocidades de combustión y de 2.650 kg/s de empuje. Dimensión: longitud 2,748 m.; diámetro del fuselaje 0,15 m.; longitud máxima (aletas en diagonal) 0,475 m.; envergadura de la aleta mayor 0,65 m. Peso: al lanzamiento 88 kg. Cabeza de guerra: de tipo no comunicado de alto explosivo convencional. Peso probable 12-20 kg. Sistema de guía: cabeza autobuscadora SAT pasiva de rayos infrarrojos, con gran ángulo de exploración. Prestaciones: velocidad máxima Mach 2,5 aproximadamente, giro útil 185-200 m. a 5.500-6.000 m., máxima aceleración 7 g.

ALEMANIA OCCIDENTAL

Dornier Viper

La Dornier alemana decide realizar un misil aire-aire de corto alcance y gran capacidad de maniobra, el Viper, en 1972. El arma, de clase análoga al Magic francés, estaba destinada a



Misiles balísticos Skybolt montados sobre un bombardero B-52. Gran Bretaña se disponía a utilizar este arma desde bombarderos "V" cuando los Estados Unidos cancelaron el proyecto. En su lugar, se ofrecieron misiles Polaris que serían utilizados en los submarinos nucleares construidos por los británicos.

sustituir al Sidewinder de la Luftwaffe y la Marineflieger. En el curso de 1974, faltándole el apoyo gubernativo, la Dornier suspendió el desarrollo, continuando adelante las investigaciones para permanecer al día en caso de una futura solicitud específica.



La impresionante panoplia de armamentos de un Mirage F.1 español, en la que destacan los tres misiles de medio alcance R.530 que puede llevar este moderno caza. El ejemplar del centro tiene cabeza buscadora infrarroja y los laterales son de guía electromagnética.

EXPLORACION ESPACIAL Y COHETES

MISILES AIRE-AIRE

JAPON

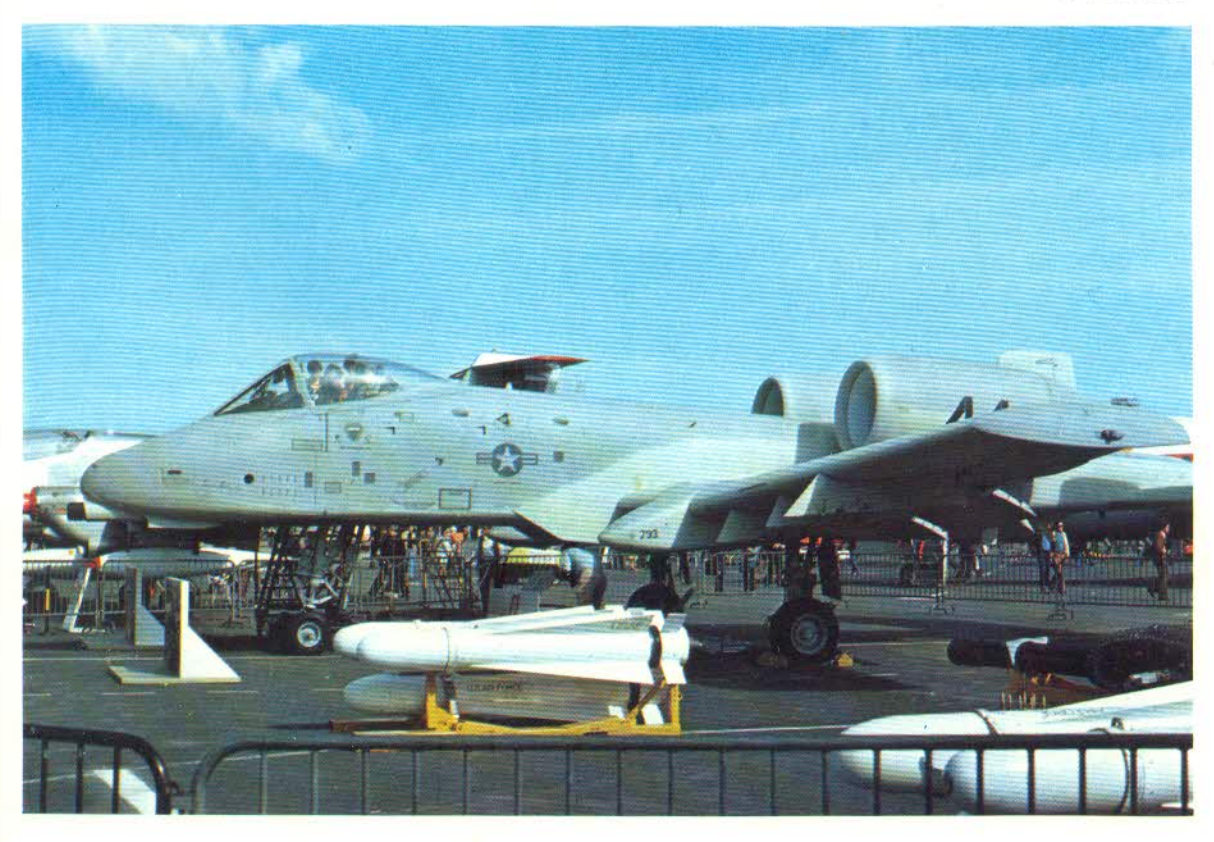
Mitsubishi AAM-1
La Agencia Japonesa de Defensa (equivalente al ministerio de la defensa) solicita a Mitsubishi, a finales de los años sesenta, un misil aire-aire de corto alcance con guía infrarroja, destinado a sustituir al Sidewinder de producción americana.

Nace así el AAM-1 (aire-aire misil 1), que si se observa es una copia bastante fiel del Sidewinder 1A, hipótesis confirmada con la pretendida compatibilidad con el sistema de lanzamiento del F-86F y del F-104J. La producción debió terminar en el transcurso de los setenta, ya a primeros de 1972 se habían entregado 330 misiles. Hay que hacer notar que el AAM-1 tenía características fuertemente similares a las del Sidewinder 1A, Sb.06 o K-13; como que sólo puede ser lanzado por los cazas desde detrás del blanco. Se ha utilizado también como TAAM-1, principalmente para el adiestramiento.

Mitsubishi AAM-2
Al no conseguir la licencia de fabricación del Sidewinder en su variante más actual y deseando superar las limitaciones del AAM-1, sobretodo en lo referente a la geometría de ataque, la JDA solicitó a Mitsubishi un nuevo misil de corto radio con guía infrarroja, denominado AAM-2. El desarrollo ha estado envuelto en el mayor secreto; se sabe únicamente que el AAM-2 está destinado a sustituir al AAM-1 y que la Mitsubishi pidió a la Nihon Electric Company un sistema de guía que permitiera el ataque desde cualquier dirección. La entrada en servicio estaba prevista para 1974 pero en el transcurso de 1975, el programa resultó cancelado.

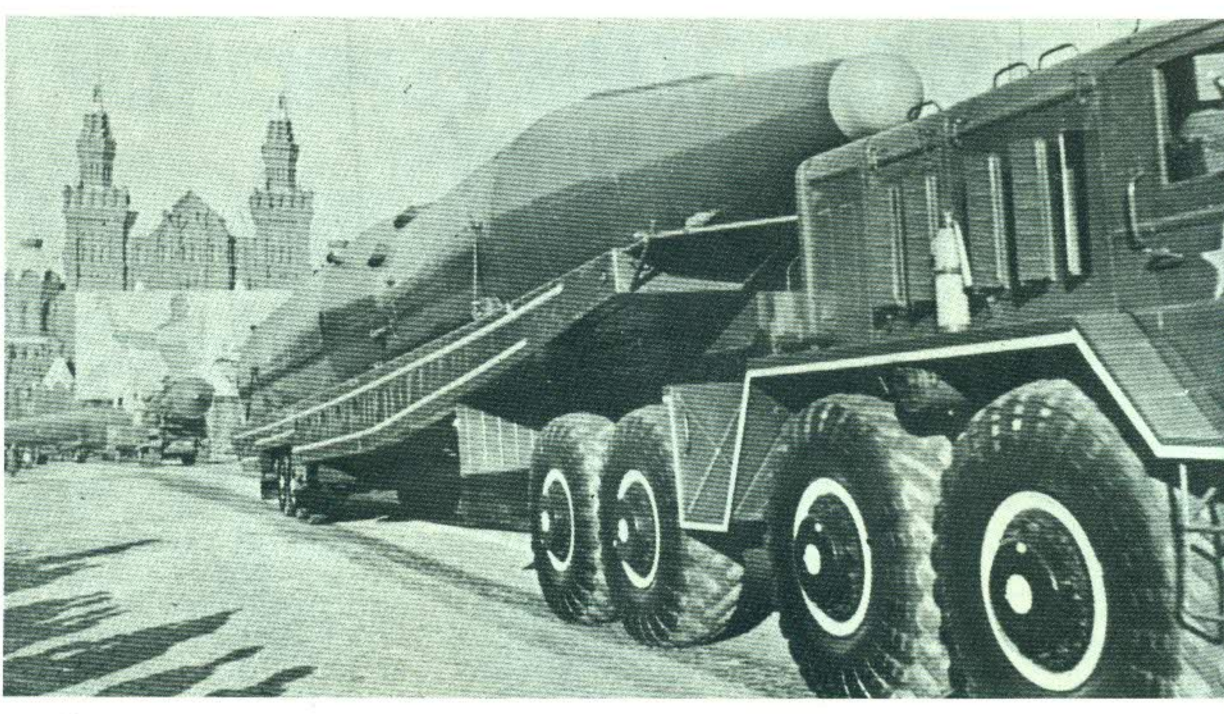
GRAN BRETAÑA

Hawker-Siddeley Dynamics Firestreak
Tras el poco eficiente Fireflash con sistema de guía radar de haz directo, utilizado únicamente para el adiestramiento de un escuadrón del Swift Mk 7, la RAF solicitó un misil de breve-medio alcance (para la época) con sistema de guía de rayos infrarrojos desarrollado en la de Havilland Propellers, (más tarde Hawker-Siddeley Dynamics), como Firestreak (traca de fuego) oficialmente como Blue Jay. El Firestreak nace a finales de los años cincuenta con la in-

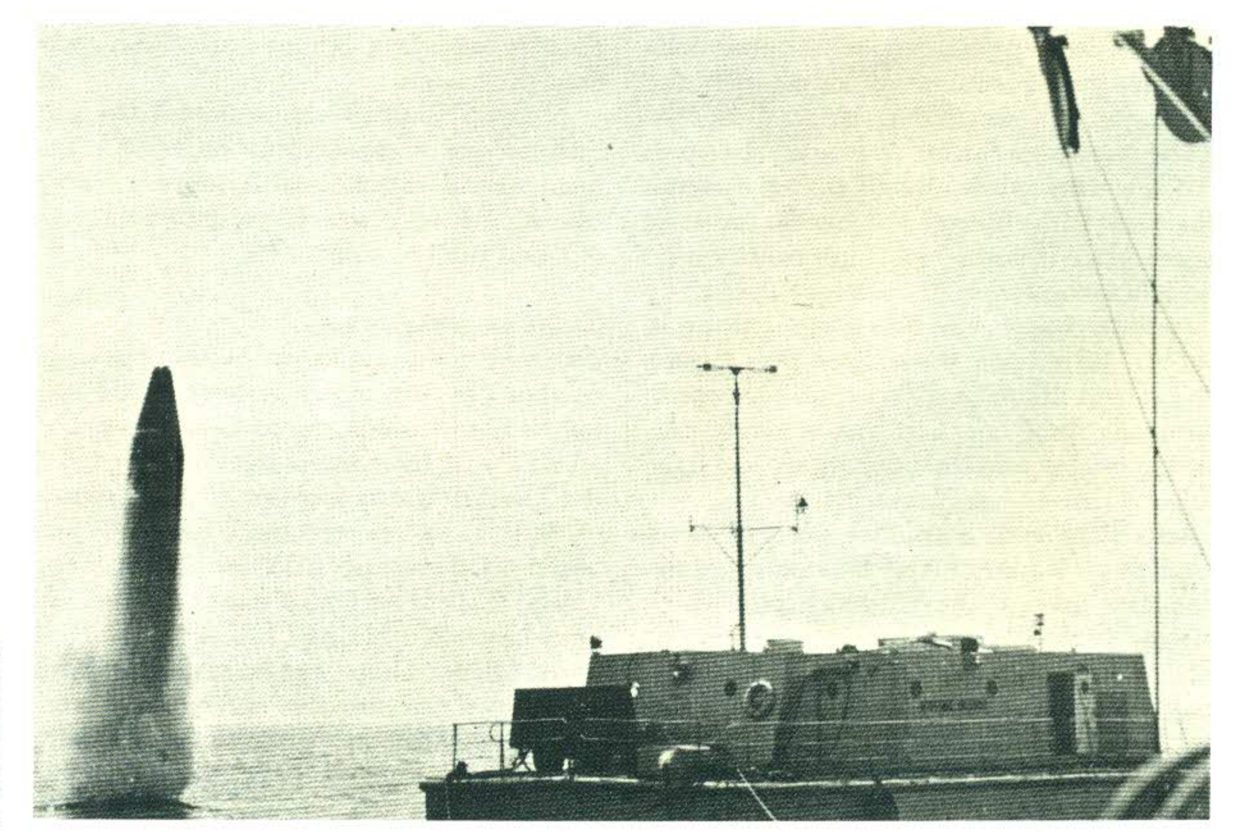


Entre los misiles aire-fuego más difundidos hoy en día se encuentra el Hughes AGM-65 Maverick, utilizado principalmente contra carros y vehículos blindados para lo que está dotado con una cabeza de guerra de carga hueca y espoleta de contacto.

En la fotografía, el misil soviético IRBM de dos etapas lanzado desde silos que ha sido bautizado por la OTAN con el nombre en código de Sasin. Este misil fue dado de baja en 1976 para dar lugar a la aparición de nuevos misiles con base en tierra y en el mar.

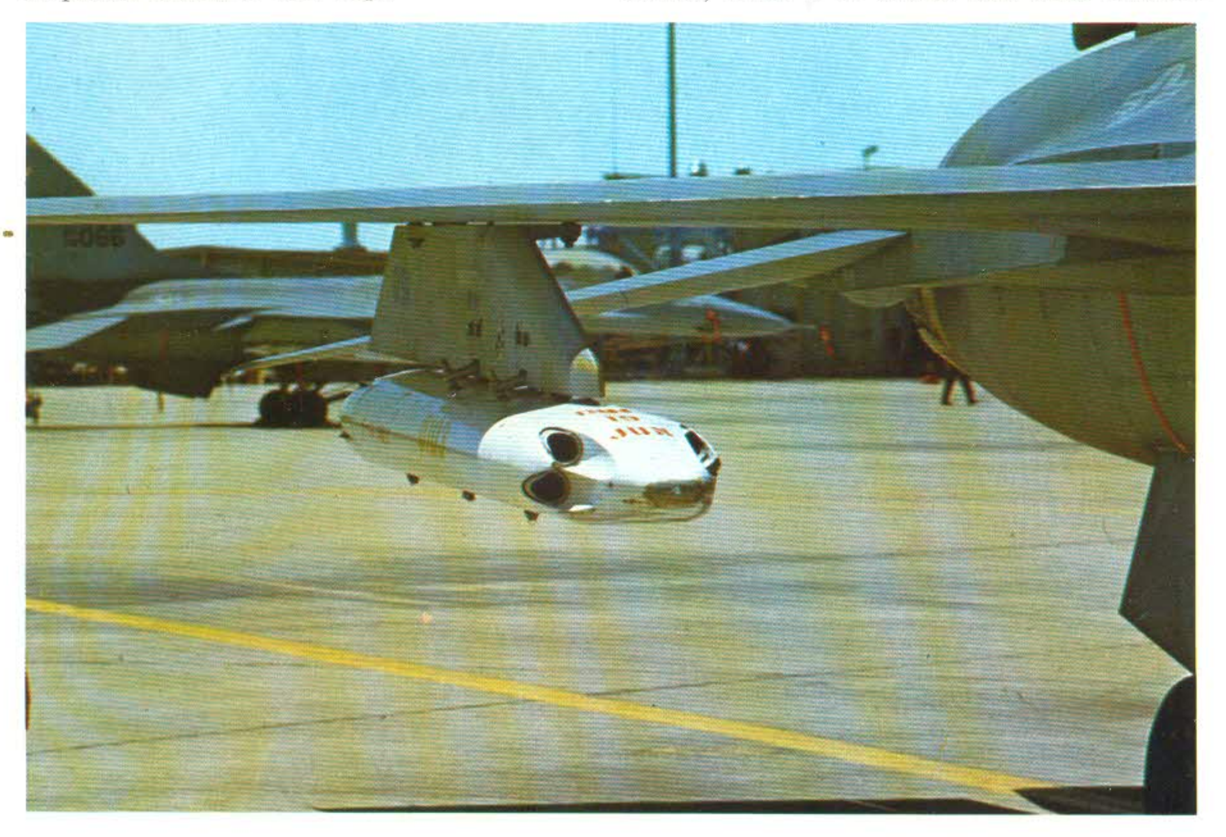


tención de equiparlo con guía automática a diferencia del Firesflash, superando algunos de los inconvenientes del Sidewinder. Es un arma compleja y costosa que pasaba de las 160.000 ptas. de coste unitario de la primera versión del Sidewinder a las 200.000, pero que carecía de algunas de las limitaciones que el Sidewinder imponía en el avión lanzador. Por otra parte la carga bélica de 22,7 kg. lo hacía mucho más mortífero. Inicialmente el Firestreak, cuyo sensor IR se encontraba en "la punta de lápiz" delantera estaba constreñido a ser lanzado sólo por un caza apuntando a la popa del avión enemigo, con un ángulo sólo un poco mayor de lo que era posible para el AIM-9B, pero posteriormente fueron aplicadas otras dos series de sensores en la parte anterior del cuerpo del misil que han mejorado notablemente el ángulo de búsqueda. Nacido para el Lightning de la RAF y para el vetusto Sea Vixen de la Fleet Air Arm, el Firestreak puede equiparar a cualquier interceptor, porque está dotado de un pequeño "pod" carenado que contiene el dispositivo de tiro. Durante las pruebas en polígono, la RAF ha registrado un porcentaje de aciertos del 85 %, particularmente notable. Se trata de un misil de propelente sólido con un cuerpo cilíndrico caracterizado por la forma peculiar del elemento fotosensible similar a la de diversos tipos de



Modelo experimental del misil balístico MSBS francés irrumpiendo desde debajo del mar en el centro de pruebas de Toulon. Una pequeña flota de submarinos franceses propulsados mediante energía nuclear han comenzado a prestar servicio equipados.

misiles aire-aire soviéticos, y de cuatro aletas trapezoidales alineadas con cuatro aletas de cola móviles. En 1975 el Firestreak (del que sólo se han desarrollado tres versiones: Mk1, Mk2 y el Mk3 estaba casi totalmente sustituido por su sucesor el Red Top.



A pesar del uso extensivo de misiles guiados, los cohetes no guiados son empleados con profusión principalmente en misiones de ataque al suelo. En la foto un contenedor de cohetes IFAR de 35 mm. bajo el ala de un caza General Dynamics F-16.

De Havilland Propellers
Firestreak Mk.1 (Blue Jay)
Misil aire-aire de corto y medio alcance

Planta motriz: un motor cohete de propelente sólido, probablemente de etapas internas, de tipo y empuje impreciso. Dimensiones: longitud 3,19 m.; diámetro del cuerpo 22,5 cm.; envergadura de la aleta mayor 0,75 m. Peso: al lanzamiento 135 kg. Cabeza de guerra: 22,7 kg. de alto explosivo convencional. Sistema de guía: autoridrector pasivo infrarrojo. Prestaciones: velocidad máxima Mach 2; alcance útil de 1,2 a 8 km.

Hawker-Siddeley
Dynamics Red Top

Ya durante 1959 la de Havilland Propellers había comenzado a desarrollar un nuevo misil aire-aire aprovechando la experiencia adquirida con el Firestreak pero dotado con la posibilidad de atacar al adversario desde cualquier posición.

Nace así Firestreak Mk.IV, después bautizado Red Top (punta roja). Se trataba del Firestreak, construido haciendo el amplio uso de circuito integrados y semiconductores en cuatro secciones modulares fácilmente desmontables. Como su predecesor, requiere un complejo de lanzamiento instalado a bordo del avión en dos versiones: una compleja (como la instalada en el Lightning F Mk.3 y el Mk.6 y sobre el FAW Mk.2) y una simplificada.

La más compleja posee un sistema de coordenadas para indicar al piloto la mejor posición de ataque y, una vez activado, procede al lanzamiento automático del misil; el tipo simplificado, envía a la cabina una señal acústica que indica el momento más favorable para el disparo. El sistema de lanzamiento es intercambiable con el Firestreak.

A groso modo el Red Top posee una mayor flexibilidad de empleo que los restantes misiles de su clase, porque puede ser disparado frontalmente contra el adversario. Sus aletas de grandes dimensiones le permiten una buena maniobrabilidad y su potente cabeza de guerra asegura la destrucción de objetivos de gran tamaño. A parte de otras consideraciones, el Red Top puede ser utilizado además contra adversarios terrestres.

Actualmente dado de baja por la Royal Navy junto con el Sea Vixen, permanece en servicio con los Lightning de la RAF.

HSD (de Havilland Propellers)
Red Top (Firestreak Mk.IV)
Misil aire-aire de corto-medio alcance

Planta motriz: un motor cohete de propelente sólido de tipo y empuje impreciso, de mayor potencia que el instalado en el Firestreak. Dimensiones: longitud 3,50 m.; diámetro del cuerpo 0,225 m.; envergadura de las aletas mayores 0,91 m. Peso: al lanzamiento 150 kg. aproximadamente. Cabeza de guerra: 31 kg. de alto explosivo convencional. Sistema de guía: de rayos infrarrojos. Prestaciones: velocidad media Mach 3; alcance 11 km.

Hawker-Siddeley Dynamics QC-434 Moongoose

En 1970, en base a los estudios realizados en América sobre el proyecto ZAIM-82A Doffighter y YAIM-95 Agile, la Hawker-Siddeley Dynamics inició los trabajos de un nuevo misil aire-aire de corto alcance con guía infrarroja destinado a su empleo junto al óptimo Red Top para el combate cercano y evolucionante.

Se proyectó así un misil de tipo más bien simple, con sistema de guía derivado del Red Rop, y llamado Taildog, rebautizado oficialmente en 1974 Moongoose (Mangosta).

Durante el desarrollo, la denominación fue cambiada a SRAAM 75 (Short Range aire-aire missile 1975, misil aire-aire de corto alcance con sigla acuñada sobre la del caza polivalente Panavia MRCA-75), que se convierte después definitivamente en SRAAM sin numeración con entrada en servicio prevista para 1976, pero será propuesta a causa de los retrasos e interrumpciones del desarrollo.

Se trata de un misil, de cuerpo perfectamente cilíndrico terminado en irdomo anterior y con seis aletas retráctiles en la parte posterior. En la tobera hay cuatro desviadores de chorro tipo "semáforo" que aseguran la elevada maniobrabilidad; el propulsor, de propelente sólido, tiene una alta aceleración inicial, obtenido probablemente gracias al "grano" de propelente mixto y con la adecuada configuración.

Para el SRAAM se fabricó un contenedor en fibra de vidrio con dos tubos de lanzamiento en pareja que contiene en su parte central y superior una dirección de tiro simple. El misil es inicialmente "apuntado" aproximadamente y después dirigido al blanco de forma autónoma.

El SRAAM iba a ser aplicable en cualquier tipo de avión. Se presumía su adopción en la RAF para instalación en el Jaguar, Tornado, Phantom, Harrier y también en el Buccaneer. En 1978, el misil SRAAM fue cancelado.

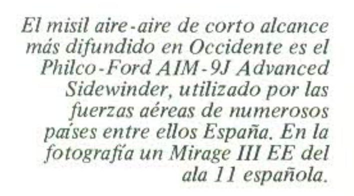
Hawker-Siddeley Dynamics QC-434 Moongoose (ex SRAAM-75 Taildog) Misil aire-aire de corto alcance

Planta motriz: un motor cohete de propelente sólido y alta aceleración de tipo y empuje impreciso. Cuatro "semáforos" parcializan la descarga de gases en colaboración con el sistema de guía. Dimensiones: longitud 2,73 m.; diámetro del cuerpo 0,168 m.; envergadura de aletas 0,30 m. aproximadamente. Peso: no publicado. Cabeza de guerra: sin especificar (probablemente cerca de 20 kg.). Sistema de guía: autodirector pasivo infrarrojo. Prestaciones: no publicadas. El alcance útil previsto era de 2.000 m.

HSD (Raytheon) AJ-521 Sparrow III

Para completar su gama de misiles aire-aire, donde faltaba un tipo de medio alcance con guía radar, la Hawker-Siddeley Dynamics firmó en 1973 un acuerdo con la Raytheon para la producción bajo licencia de una nueva variante del AIM-7E-2 Sparrow III. El Sparrow III inglés está caracterizado por un sistema de guía con semiconductores proyectado y realizado en Inglaterra por la GEC-Marconi y una nueva espoleta de la EMI Electronics Ltd. Estaba destinado para equipar al Phantom y el Tornado.





El misil aire-aire de corto alcance más difundido en Occidente es el Philco-Ford AIM-9J Advanced Sidewinder, utilizado por las fuerzas aéreas de numerosos países entre ellos España. En la fotografía un Mirage III EE del ala 11 española.

ISRAEL

Rafael Shafrir

La aviación israelí durante la Guerra de los seis días (1967) utilizaba para el combate aire-aire el misil MATRA R. 530 y el AIM-9 Sidewinder. Para obviar el alto coste del primero y las limitaciones del segundo, era evidente la necesidad de disponer de un arma simple de producción "casera". La firma encargada de proporcionarla, después llamada Rafael, empezó a elaborar un misil aire-aire polivalente.

La arquitectura del Sidewinder había demostrado desde muchos años antes su valia y su economía básica así que inspirándose en ella, se hizo un misil externamente similar, sólo que ligeramente mayor en diámetro y peso.

Nace así el Shafrir (libélula), experimentado en combate en 1969. Exteriormente el misil apenas puede distinguirse de su inspirador: similar en el sistema de guía de rayos infrarrojos, igual en la apariencia canard con dos series de cuatro aletas, de las que las anteriores son direccionales con mando neumático.

El Shafrir está concebido para la máxima simplicidad de empleo y manutención. Puede ser conservado indefinididamente en contenedores y lanzado desde cualquier avión que esté éste equipado con los imprescindibles railes de guía.

La única instalación abordo es un avisador luminoso que advierte al piloto de la correcta "derrota" del adversario por parte del sistema de guía y una señal sonora que indica el momento más propicio para lanzarlo. No se conocen muchos datos sobre las prestaciones y la geometría de ataque del aire-aire israelí: es eficaz hasta 18.000 m. de cota y su sistema de guía alcanza al máximo posible, en cuanto a distancia para un dispositivo de este tipo, con 12-20 km. Sin embargo, el alcance debe ser sensiblemente inferior, unos 5 km., y el sector de "enganche" debe ser superior al del Sidewinder.

El Shafrir, presentado oficialmente en marzo de 1973, quedó acreditado por las numerosas victorias del período entre 1969 y 1973; naturalmente se hizo amplio uso de él durante la Guerra de Octubre. En producción de serie, se ofrece para la exportación a un precio cercano al millón de pesetas; como es sabido Israel no declara la nacionalidad de sus clientes pero el Shafrir ha sido exportado y se sabe que está en servicio en otros países, como por ejemplo Sudáfrica.

En la Heil Avir israelí, el Shafrir equipa a los Mirage III, Super Mystere, Phantom II, Skyhawk, F-15 Eagle y F-16.

Rafael Shafrir
Misil aire-aire de alcance medio

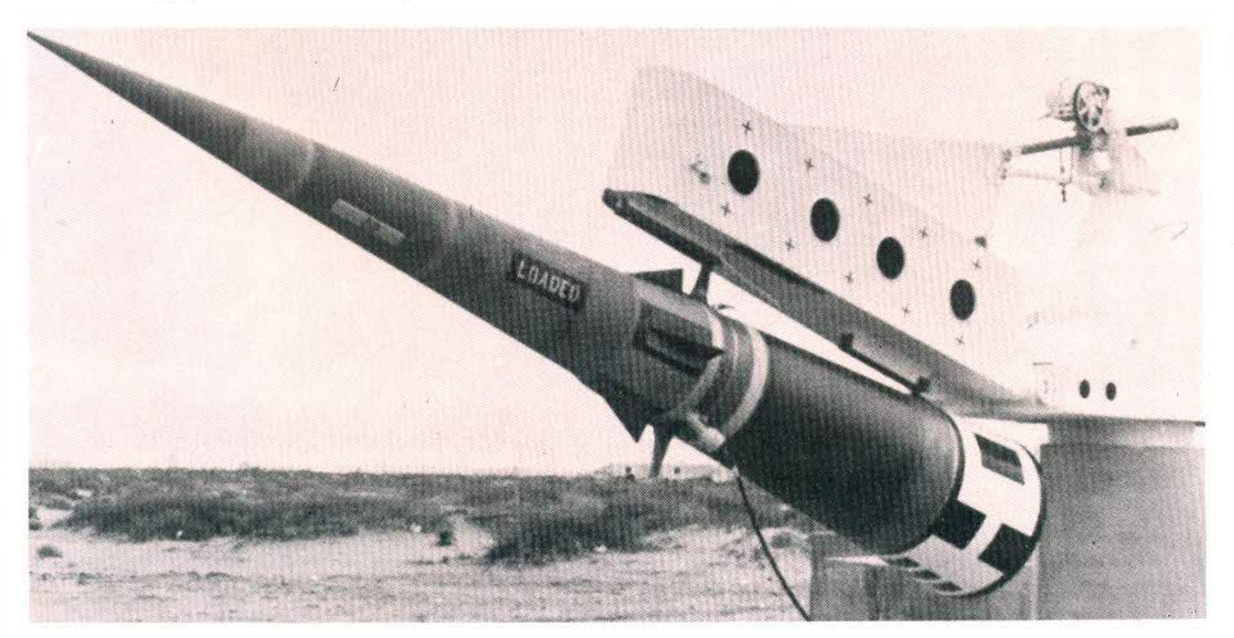
Planta motriz: un motor cohete de propelente sólido Rafael de tipo y empuje no precisado. Dimensiones: longitud 2,47 m.; diámetro del cuerpo 0,16 m.; envergadura de las aletas mayores 0,15 m. Peso: al lanzamiento 93 kg. Cabeza de guerra: 11 kg. de alto explosivo convencional. Sistema de guía: autobuscadora pasivo de rayos infrarrojos. Prestaciones: velocidad al final de la combustión Mach 2,5; alcance útil 5 km.

ITALIA

Selenia (Raytheon)
AIM-7E (N) Sparrow III B

Cuando la FIAT Aviación (después Aeritalia) decide comenzar el programa de producción en serie del caza Lockheed F-104S Starfighter, Selenia (sociedad en la cual Raytheon posee participación) programó la construcción con licencia del misil Sparrow IIIB (ex AAM-N-6B) que es parte del sistema de armas F-104S (la S significa que lleva misiles Sparrow) iniciando sus lanzamientos experimentales desde un F-104S, el 26 de octubre de 1972.

El Sparrow III de producción italiana puede ser utilizado también en la configuración RIM-7H Sea Sparrow como componente del sistema de armamento de defensa naval Selenia Albatros, en el sistema terrestre de defensa



El misil norteamericano de reacción más veloz ante un ataque de misiles enemigos es el Sprint. La fotografía muestra un prototipo en fase de prueba. Está diseñado para destruir las cabezas nucleares invasoras que ya han conseguido penetrar la primera línea defensiva representada por el Spartan ABM de largo alcance.



Los cazas de nueva generación americanos, a falta de un misil aire-aire moderno, confían su armamento en el bien probado Sidewinder. Los dos prototipos YF-17 en vuelo.

puntual a corto alcance Spada, hasta que sea sustituido por el más avanzado Aspide. El propulsor del Sparrow se fabrica bajo licencia por SNIA en los establecimientos de Colleferro. El Sparrow italiano es idéntico al AIM-7E, diferenciándose sólo en la cabeza de guerra.

Selenia Aspide 1A

Basándose en la célula del Sparrow III (dado que una de las especificaciones del nuevo misil era la intercambiabilidad con éste), Selenia proyectó un misil aire-aire de medio alcance, el Aspide 1A, anunciado en 1973. Se trata de un arma que cuenta con tecnología más avanzada de la que actualmente utiliza el AIM-7E Sparrow III y, en algunos aspectos, que versiones muy recientes como el AIM-7E-2, AIM-7E y el AJ-521, al objeto de mejorar las prestaciones en el sector de la maniobrabilidad, de operación en todo tiempo y de resistencia contra las contramedidas electrónicas.

El Aspide, concebido para suplir al Sparrow III en la configuración AIM-7E (N), RIM-7H y Ground Sparrow, será utilizado en el caza F-104S y Tornado en configuración de interceptación, en el sistema superficie-aire embarcado Albatros y en el terrestre Spada.

Respecto al Sparrow, el Aspide se distingue por la nueva forma del velamen, por un nuevo radomo de material silícico, por el sistema de guía y mando completamente nuevo, basado en un sistema radar monoimpulso, y por el largo uso de microcircuitos con desaparición de los componentes de vacío. Por último, el servomando, es de tipo hidráulico con circuito cerrado. El mayor espacio disponible en la célula ha permitido la instalación de un propulsor SNIA con mayor cantidad de carburante (por tanto mejor alcance) y de empuje aumentado.

El arma prácticamente es el misil aire-aire de medio alcance más avanzado del que actualmente dispone la AMI. La especificación del Aspide se emitió en 1969 y los proyectos de detalles se acabaron en la primavera de 1974. Pronto se iniciaron las pruebas abordo de un F-104.

El primer lanzamiento para verificar las prestaciones finales en configuración superficie-aire tuvo lugar el 7 de mayo de 1975 en Salto di Quirra (Cerdeña). Actualmente, además de equipar a la Marina Militar, donde está ya en servicio el sistema Albatros con misil AIM-7E y RIM-7H y la Aeronáutica Militar con el sistema Spada (así como para el requipamiento del F-104S), el Aspid 1A interesó concretamente a la Stevansk Flygavanet para su caza interceptor SAAB-Scania JA-37 Viggen y a la Turk Hava Kuvvetleri, que también utiliza el F-104S.

En 1975 se anunció una versión SHORADS (Short Range Air Defense Sistem, sistema aéreo de defensa de corto alcance) móvil, denominada Stiletto.

Selenia Aspide 1A
Misil aire-aire de medio rayo

Planta motriz: un motor de propelente sólido SNIA Viscosa monoetapa con carga de 54 kg. (probablemente de Flexadine) con impulso total de 120.000 N/sec.; tiempo de combustión 3,5 seg. Dimensiones: longitud 3,70 m.; envergadura de aleta mayor 1 m. (en configuración superficie-aire 0,80 m.); envergadura de aleta menor 0,80 m. (en configuración superficial-aire 0,64 m.); diámetro del cuerpo 0,203 m.

Peso: al lanzamiento 220 kg., al final de la combustión 163 kg. Cabeza de guerra: alto explosivo convencional SNIA Viscosa, de fragmentación y un peso de 33 kg. Sistema de guía: semiactivo mediante radar Slenia monoimpulso en banda I (8-10 GHz). Prestaciones: (configuración aire-aire) velocidad máxima al final de la combustión Mach 2 más la velocidad del avión lanzador; alcance 30-50 km. (variable según la cota y velocidad de lanzamiento); (configuración superficie-aire) velocidad máxima Mach 2-2,5 (2.275-2950 km/h.); alcance máximo 15-20 km.; cota máxima cerca de 6.000 m.

Hughes Brazo

El "gran miedo" que siguió a las revelaciones de la nueva generación de aviones de combate soviético de elevadas prestaciones, presentada el 7 de julio de 1967 en uno de los aeropuertos moscovitas, Domodedovo, movió a la USAF y la US Navy a programar el desarrollo de un misil aire-aire capaz de superar la diferencia entre las prestaciones del interceptador propio y las del avión de combate de la V-VS. En particular, para interceptar al Mikoyan MiG-25 (Foxbat), se comenzaron diversos programas: el General Dynamics XAIM-97A Seekbat (una especie de murciélago), se desarrolló y después fue abandonado, preveía el empleo de un misil Standar modificado y el programa Pave Arm (Pave, es un nombre en código que se asigna a casi todos los nuevos sistemas de armas, mientras Arm significa "brazo") que la US Navy adoptó con el nombre de Brazo.

Dentro de este programa la Hughes y el Naval Electronics Laboratory Center modificaron ocho misiles Sparrow (probablemente AIM-7E) que Hughes designó como HM-135, exteriormente similar al Sparrow IIIB.

La Hughes se ocupó de la dirección del programa conjuntamente con la US Navy, mientras la USAF se encargó de las pruebas en vuelo. El primer lanzamiento real fue el 16 de abril de 1974 cuando un F-4D lanzó un Brazo contra un blanco adversario Beechcraft BQM-34 atacándolo desde lo alto y por la cola.

Desde el punto de vista técnico no se revelaron las características, aunque, de hecho debían ser muy parecidas a las del AIM-7E Sparrow IIIB. El sistema de guía del misil es del tipo autobuscadora en su emisión de radar en banda J (sistema ERASE, acrónimo, que significa "anular" por Electromagnetic Radiation Source Elimination, eliminación de la fuente de emisión electromagnética), que se estimaba eran las emitidas por el radar Jay Bird del MiG-25.

Hughes AIM-4/26 Falcon, Super Falcon Nuclear Falcon

La familia del misil Hughes Falcon es una de las más importantes en el campo de los aire-aire y la primera versión del Falcon fueron de los primeros misiles de esta categoría realizados en el mundo. Su desarrollo se inició a continuación del programa Dragonfly, elaborado al final de la Segunda Guerra Mundial bajo la dirección de Douglas (programa Cobra y Bumblebee de 1945) por la USAF, continuando en 1949 con el misil Hughes MX-904 y modernizado para constituir parte del sistema de armas del interceptador Convair F-102A Delta Dart. Se trataba de un misil de corto alcance, de propelente sólido y con un sistema de guía radar. El programa sufrió toda una serie de redesignaciones. Inicialmente fue nominado, continuando la numeración del avión de caza, como XF-98 Falcon y es interesante mencionar que estaba previsto también como armamento del interceptador sin piloto Boeing-Marquardt XF-99 Bomarc.

El Falcon se convirtió posteriormente en GAR-98 (Guided Air Rocket) y a continuación GAR-1. Cuando la siguiente estandarización de las siglas pasó a ser el AIM-4.



Dentro de este envase se halla el misil anti-misil soviético de largo alcance conocido por la OTAN con el nombre en código de Galosh. Hacia finales de la década de 1960 fueron emplazados en el perímetro de Moscú 64 misiles de este tipo en cuatro emplazamientos estratégicos. Desde entonces se han producido algunas modificaciones en los radares asociados al sistema defensivo para hacerlo efectivo también contra los misiles chinos de largo alcance que tienen dentro de su radio de acción a la capital soviética desde sus emplazamientos operativos situados al noroeste de Sinkiang.



Olvidada la época en que los misiles sustituirían a los aviones tripulados en las tareas de interceptación y combate aéreo, las tendencias actuales de los estrategas implican el retorno a los cazas de pequeño tamaño, ágiles y maniobrables, armados con cañones y completados con misiles. El ejemplo más representativo es sin lugar a dudas el F-16 Fighting Falcon.



El MATRA R.530, aquí representado en su versión EM de guía electromagnética puede alcanzar 2,7 veces la velocidad del sonido y 18 km. de distancia máxima. Es utilizado principalmente por los interceptadores Mirage III en servicio con diversas fuerzas aéreas.

Los primeros Falcon con guías radar y rayos infrarrojos hicieron estragos en blancos QB-17 y se convirtieron en dotación de una serie diversa de caza. He aquí el catálogo de las versiones:

GAR-1A/C Falcon I: ex F-98/GAR-98. Versión inicial de la serie con guía radar semiactiva, cerca de 4.000 ejemplares producidos, introducido en 1952 y utilizado por el Convair F-102 y el Northrop F-89.

AIM-4A Falcon I: ex GAR-1D. Versión del precedente con sistema de guía mejorado, 12.000 ejemplares de producción.

AIM-4B Falcon II: ex GAR-2. Versión con sistema de guía de rayos infrarrojos de tipo pasivo relativamente eficiente, introducido en 1956 y destinado al F-102A.

AIM-4C Falcon (II): ex GAR-2A. Versión con guía de rayos infrarrojos introducida en 1957, para sustituir al AIM-4B. De mayor amplitud de utilización.

AIM-4D Falcon: ex GAR-2B. Versión introducida en 1967 y obtenida uniendo la célula del AIM-4C al sistema de guía de rayos infrarrojos del AIM-4G. Es la única versión del Falcon utilizada por los F-4D/E Phantom II del Tactical Air Command.

AIM-4E Super Falcon: ex GAR-3 Falcon III. Versión potenciada del AIM-4C de mayores dimensiones y sin aletas canard, con sistema de guía semiactiva radar. Introducido en 1958 para el Convair F-106A.

AIM-4F Super Falcon: ex GAR-3A Falcon. Tras la construcción de sólo 300 GAR-3, en

1958, fue introducida la versión GAR-3A con sistema de guía mejorado y más resistente a las contramedidas electrónicas. En dotación con F-101 y F-106.
AIM-26A Nuclear Flacon: ex GAR-11. Similar al GAR-3A con sistema de guía radar dotado de cabeza atómica con espoleta de proximidad. Concebido inicialmente para sustituir al Genie, ha sido utilizado muy poco.
AIM-16B (Nuclear) Falcon: ex GAR-11A. Es el GAR-11 con explosivo convencional. Prácticamente equivalente al GAR-3A.
HM-55 Rb.27: versión producida bajo licencia por la SAAB-Scania Sueca, similar al AIM-26B, con cabeza convencional y guía radar semiactiva, equipa al SAAB-J-35F Draken y al Mirage III-S.
HM-58 Rb.28: versión producida bajo licencia por SAAB-Scania similar al AIM-4C, con guía de rayos infrarrojos. Equipando al J-35F.
XAIM-47A Falcon: ex GAR-9. Versión de largo alcance con sistema de guía radar (sustituible o integrable con un dispositivo de rayos infrarrojos) y cabeza nuclear o convencional. Previsto para el XF-108 y el YF-12A. Su desarrollo fue suspendido en favor del AIM-54A Phoenix.
AIM-4H Falcon: desarrollado en base a un programa de la USAF en 1969, debía tener una cabeza con espoleta de proximidad óptica (AOPF, Active Optical Proximity Fuse) con mando por láser. El programa fue suspendido.



El AIM-7E Sparrow IIIB es la versión de mayor producción del conocido misil de alcance medio estadounidense. Inicialmente equipó a los F-4 Phantom y hoy día es estandar con los F-15 y F-18. En la foto, dos ejemplares del Ejército del Aire Español.

Hughes AIM-4D Falcon (ex GAR-2B)
Misil aire-aire de corto y medio alcance
Planta motriz: un motor cohete Thiokol TX-58-18 M58A2 (ex-M58E4) Falcon con propelente sólido (polisulfato de aluminio y perclorato amónico) de 1.720 kg./empuje. Dimensiones: longitud 2,02 m.; diámetro del cuerpo 0,1625 m.; envergadura de la aleta mayor 0,51 m.. Peso: al lanzamiento 61 kg. Cabeza de guerra: alto explosivo convencional. Sistema de guía: mediante cabeza autobuscadora infrarroja. El mando actúa sobre las aletas de cola. Prestaciones: velocidad máxima Mach 3; alcance, unos 9 km.

Hughes AIM-4G Super Falcon
(ex GAR-4A Falcon IV)
Misil aire-aire de corto-medio alcance
Planta motriz: un motor Thiokol XM18E4/M46 Falcon con dos etapas internas y propelente sólido (probablemente polisulfato de aluminio o perclorato amónico) de 2.720 kg./empuje. Dimensiones: longitud 2,06 m.; diámetro del cuerpo 0,1676 m.; envergadura de aletas 0,61 m. Peso: al lanzamiento 66 kg. Cabeza de guerra: 18 kg. de alto explosivo convencional. Sistema de guía: como el AIM-4D. Prestaciones: velocidad máxima Mach 2,5; alcance 11 km.

Hughes AIM-54A
Phoenix
El Phoenix (fénix) nace como XAAM-N-11 para la US Navy, destinado a constituir el armamento principal del caza F-111B, cuyo desarrollo fue posteriormente suspendido. Lógicamente derivaba del XAIM-47A Falcon, respecto al cual debía presentar características aún superiores en cuanto a maniobrabilidad, precisión y giro.

Redesignado XAIM-54A, el primer Phoenix inerte, en la práctica un simulacro aerodinámico, fue lanzado en vuelo por primera vez

desde un A-3A Skywarrior, en 1965. El primer lanzamiento con motor en funcionamiento fue el 27 de abril de 1966. El 8 de septiembre siguiente, fue parcialmente experimentado el sistema de guía y el misil alcanzó al blanco simulado. La primera prueba de fuego real fue realizada desde un F-111B el 17 de marzo de 1967 con éxito. El primer "derribo" con cabeza explosiva tuvo lugar en agosto de 1970 con la destrucción de un Grumman QF-9 Cougar.

El YAIM-54A demostró rápidamente que podía alcanzar sus blancos a distancias superiores a los 110-160 km. previstos, alcanzando en una prueba un blanco teledirigido BQM-34E con ECM en funcionamiento a 204 km. de distancia, el 13 de junio de 1973.

Durante las pruebas de evaluación efectuadas, fueron lanzados 56 y de estos, 43 alcanzaron el objetivo; en las pruebas efectuadas a bordo del F-14A el porcentaje de blancos fue del 88 %, descendiendo después al 80 % (cuatro sobre cinco) en los tiros efectuados en las unidades operativas. Aunque utilizando normalmente en alcances de 35-74 km., está previsto para su empleo normal de hasta 110-160 km. El Phoenix es con mucho, el misil aire-aire de mayor alcance existente en el mundo y ha hecho cambiar la definición normal sobre el radio de acción de los misiles.

Actualmente el AIM-54A, está previsto su servicio con el Grumman F-14A Tomcat de la US Navy y Fuerza aérea islámica iraní y sólo puede ser utilizado en este avión, en conjunción con la dirección de tiro Hughes AN/AWG-9, y el sistema de lanzamiento LAU-93A que está equipado con un sistema de enfriamiento de circulación forzada de aceite. Su costo unitario es de más de 14 millones de pesetas.

Técnicamente el misil sigue la clásica fórmula Hughes de configuración sin aletas canard. Su propulsor garantiza un notable impulso total y una gran duración del combustible produciendo un gas cuya descarga no perturba el seguimiento radar del misil por el avión guía.

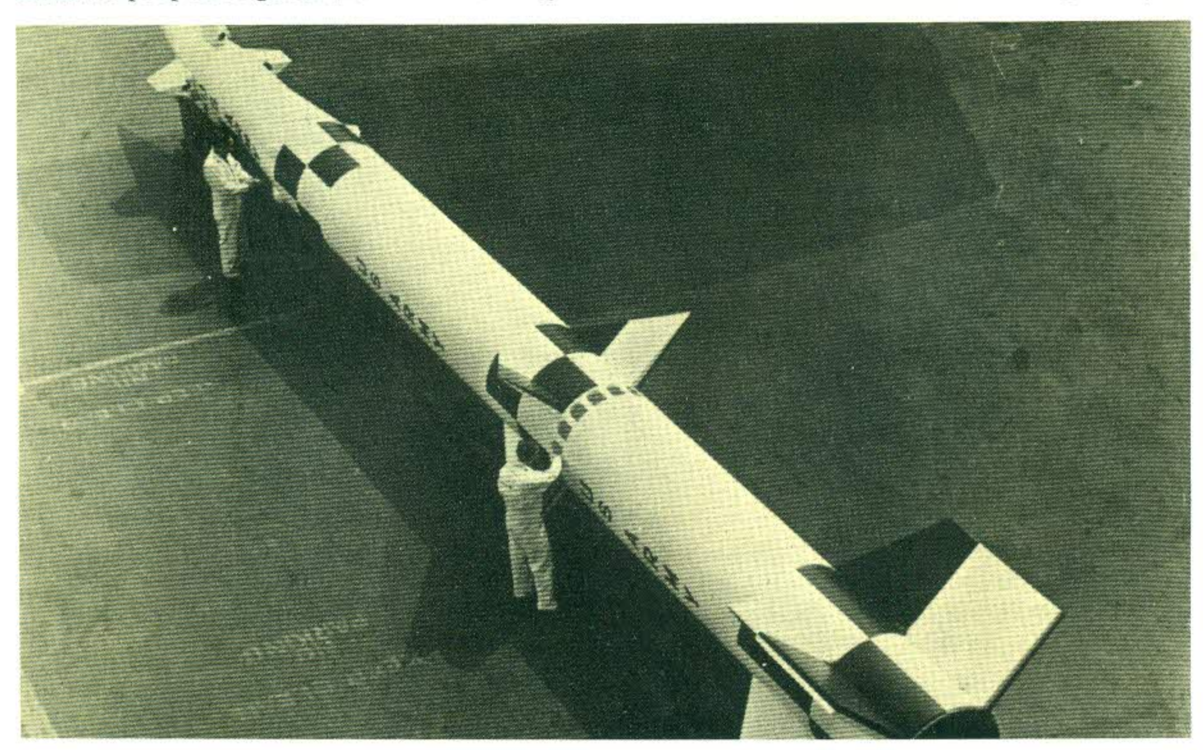
Los más directos competidores del Phoenix, son según su alcance el Selenia Aspide 1A, el reciente AA-6-2 Advanced Anab Soviético, el Raytheon AIM-7F Sparrow Mk.58 y el MATRA Super 530. Actualmente se preve la posibilidad de realizar una versión más económica (cerca de 9 millones de pesetas de precio unitario) denominada "seca", sin el sistema de refrigeración de aceite, mientras se piensa también en un Sea Phoenix, es decir una configuración embarcada superficie-aire.

Hughes AIM-54A Phoenix
(ex XAAM-N-11)
Misil aire-aire de largo alcance
y trayectoria balística

Planta motriz: un motor Rockelyne Mk.47 Mod. 0 de propelente sólido (Flexadyne modificado, un polibutadieno lineal con radical carbosídico) de prestaciones no comunicadas (opcionalmente un Aerojet Mk.60 Mod. 0 Phoenix de poliuretano y perclorato amónico de orden de los 200 kg.). Dimensiones: longitud 3,95 m.; diámetro del cuerpo 0,38 m.; envergadura de aletas 0,91 m. Peso: al lanzamiento 380 kg. Cabeza de guerra: cerca de 60 kg. de alto explosivo convencional con espoleta de proximidad. Sistema de guía: radar semiactivo Hughes. Prestaciones: velocidad máxima Mach 3 (dependiendo de la velocidad del avión vector; puede ser lanzado a velocidad ampliamente supersónica); alcance normal de 35-160 km. (varía en función de la velocidad de lanzamiento), máxima 204 km.; cota máxima durante la trayectoria 30.000 m.

McDonnell-Douglas
AIR-2 Genie

Este arma aire-aire de una forma rigurosa, no



El Spartan es el componente de largo alcance del sistema de misiles antibalísticos de los Estados Unidos, Safeguard, emplazado en Nekoma, Dakota del Norte, en noviembre de 1974. Su contrapartida de corto alcance es el Sprint. El primer ensayo operativo tuvo lugar en el mes de agosto del año 1970 cuando un misil Spartan, lanzado desde el Atolón de Kwejalein, consiguió un impacto directo sobre un Minuteman I. A continuación se produjeron otras pruebas con éxito aunque el emplazamiento de Nekoma fue desactivado en el año 1975 como parte de medidas económicas.



Montaje doble de misiles aire-aire Sidewinder en la delgada punta alar de un caza F-16.

debería citarse aquí dado que no tiene un verdadero sistema de guía, es decir: que no es un misil (como demuestra la denominación de AIR, Airborne Interceptor Rocket, cohete interceptador aerotransportado). El Genie (genio) sin embargo posee un sistema de estabilización giroscópica y sobretodo un telemando para la explosión de la cabeza nuclear. Por otra parte la presencia de una carga atómica le hace un arma de interés particular y justifica de alguna manera su inclusión en estas páginas.

El Genie responde a uno de los más viejos programas para misiles aire-aire de la USAF: el Ting-a-Ling (voz onomatopéyica) y el Bird Dog (perro de caza) un arma aire-aire que debían tener la potencia destructiva de una salva entera de cohetes no guiados de 70 mm. (para el Bird Dog) o de destruir una formación entera de bombarderos enemigos (para el Ting-a-Ling). En ambos programas trabajó la Douglas que, hacia la mitad de los años cincuenta los reunió en uno solo. Cuando el Los Alamos Scientific Laboratory fue capaz de asegurar la creación de una cabeza atómica, a través de sucesivas modificaciones la USAF y Douglas, llegaron al proyecto de un gran cohete no guiado, armado con una bomba atómica táctica con espoleta de proximidad y mando a distancia. El proyecto tomó el nombre de Ding-Dong (otra voz onomatopéyica) y de aquí la denominación en códifo de High Card (carta vencedora), fue seguido por la sigla oficial ("misión símbolo) MB-1. Por su parte la Douglas asignó a esta arma de tantos nombres, la designación de uso interno DM-99-59.

La primera prueba operativa de un MB-1 Genie tuvo lugar el 19 de julio de 1957 cuando un caza nocturno Northop F-89J Scorpion lanzó el cohete sobre el polígono de Indiana Spring en Nevada a casi 4.600 m. de cota virando rápidamente en ruta de escape. La carga atómica se hizo explotar con mando desde tierra después que el cohete había volado durante 4,8 km. La explosión no produjo ningún efecto sobre los observadores en tierra.

El Genie (ahora AIR-2A) equipó los F-101B y F-106A, así como los CF-101F canadienses. Existió una versión AIR-2B o ATR-2B, sin cabeza de guerra, de adiestramiento. Sobre los ejemplares de producción reciente fue instalado un propulsor con mayor duración de almacenaje y un mejor comportamiento a bajas temperaturas.

McDonnell-Douglas DM-99-59 AIR-2A Genie (ex Mb-1 Ding-Dong/High Card)
Cohete aire-aire de corto alcance

Planta motriz: un motor cohete Thiokol TU-289 SR49-TC-1 Genie de propelente sólido (con combustible de hidrocarburo de aluminio y perclorato de potasio como oxidante) con un peso de 218 kg. y de 16.450 kg/e (u opcionalmente un Aerojet G1 Mod. 6 Improved Genie de poliuretano y perclorato de amonio con un peso de 225 kg.). Dimensiones: longitud 2,91 m.; diámetro de la cabeza 0,44 m.; envergadura de aletas 1 m. Peso al lanzamiento 372 kg.

NWC AIM-9 Sidewinder

Durante muchos años el Sidewinder ha sido el "misil aire-aire" por autonomasia y todavía hoy, es sin duda el más difundido, construido con licencia en Alemania, India, etc. ... y en servicio, además de en los Estados Unidos, en casi todas las fuerzas aéreas del mundo. Su desarrollo responde a un especificación de la US Navy, para un misil aire-aire de corto alcance



Los misiles guiados por radar Sparrow de alcance medio añadirán al F-16 la capacidad de interceptación a larga distancia. En la foto uno de los ejemplares F-16 FSD (Full Scale Developmen) utilizados en la evaluación del misil y los nuevos sistemas asociados.

simple y poco costoso con sistema de guía infrarroja. El objetivo ha sido alcanzado en tanto que el Sidewinder es un arma que requiere poco adiestramiento y manutención; su mecánica tiene poco más de una veintena de partes móviles, mientras que el componente electrónico es tan reducido como las de una radio a transistores. No obstante, el "winder" (como se le llama en jerga) es eficaz, sobretodo en su última versión, dando en combate evolucionante un resultado satisfactorio en todos los encuentros aéreos en que se ha utilizado.

El proyecto del misil fue elaborado entre 1947 y 1952 en la Naval Ordnance Test Station de China Lake, que en 1952 asignó a la Philco un contrato para la construcción del XAAM-N-7 Sidewinder. El primer misil fue lanzado el 11 de septiembre de 1953; en 1954 se iniciaba la producción en serie, en 1955 se distribuyó y en 1956, la US Navy se dirige a la General Electric como segunda abastecedora. En 1958 se efectua el "bautismo de fuego" cuando en el conflicto chino-comunista y chino-nacionalista los F-86F Sabre abaten con Si-



dewinder unos 14 MiG-17F.

Con un coste oscilando entre 300.000 y 1.100.000 pesetas según la versión y la época de producción (contra, por ejemplo, los 1-5 millones del Falcon) el Sidewinder es el misil aire-aire más económico.

Está en servicio en USA, Canadá, Australia, Filipinas, España, Suiza, Taiwan, Holanda, Alemania, Dinamarca, Grecia, Noruega, Portugal, Turquía, Italia, Viet-Nam, Francia, Israel, etc. ... Mientras, en Francia ha sido sustituido por el R.550 Magic y en Israel por el Shafrir, en USA no se ha decidido si reemplazarlo con un arma de nueva generación (como el Hughes/NWC y AIM-95 Agile, cuyo desarrollo está actualmente suspendido). Están en producción diversas versiones del Sidewinder en el Naval Weapons (ex NOTS), Motorola, Philco-Ford, Raytheon General Electric, así como en producción con licencia por la Bodenseewerke alemana y la Selenia italiana.

NOTS/Philco-GE AIM-9A Sidewinder 1: ex AAM-N-7. Versión inicial descrita en el texto con sistema rudimentario de guía infrarroja.

NOTS/Philco-GE AIM-9B Sidewinder 1A: ex AAM-N-7/GAR-8. Versión actualmente empleada por la USAF y la US Navy, con sistema de guía IR mejorado y mandos más eficientes. El desarrollo de una versión del Sidewinder 1B no tuvo continuidad.

Motorola AIM-9C Sidewinder 1C: versión con prestaciones mejoradas y sistema de guía por radar Mk.12 Mod. 3 (SARAM Semi-Active Radar Alterne Head).

NWC/Raytheon AIM-9D Sidewinder 1C: ex AAM-N-7. Como el AIM-9C pero con sistema de guía IR de tipo mejorado Mk.18 Mod. 1 (IRAH, Infra-Red Alternate Head).

Philco-Ford AIM-9E Sidewinder: versión del AIM-9B con mejoras en el sistema de mando, producido para la USAF en pequeño número.

Bodenseewerke (NOTS/Philco) AIM-9F Sidewinder 1A: versión construida en Alemania, bajo licencia.

Raytheon AIM-9G Sidewinder: versión mejorada del AIM-9D con mejoras características de adquisición y "seguimiento" del blanco, en producción para la US Navy y la USAF. Sistema de guía SEAM (Sidewinder Expanded Acquisition Mode).

Raytheon AIM-9H Sidewinder: ex YAIM-9 versión del AIM-9B/E/G con electrónica enteramente transistorizada. Destinado principalmente al Grumman F-14A Tomcat.

Philco-Ford AIM-9J (Advanced) Sidewinder: versión del AIM-9B/E con motor Mk.17 y mayor autonomía. Destinado principalmente a la USAF.

ZAIM-9K (Advanced) Sidewinder: proyecto no realizado, derivado del AIM-9H con modificaciones en el sistema de guía. Para la US Navy.

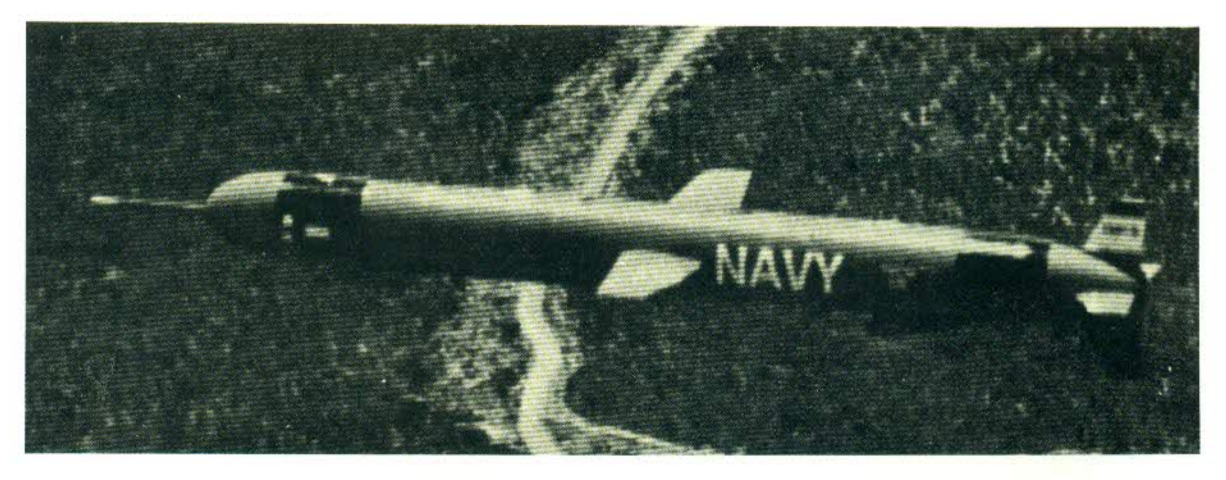
Raytheon AIM-9L Advanced Sidewinder: versión en curso de desarrollo, conjunto entre la USAF, la US Navy y Raytheon, con mejoras generales de las prestaciones y de adquisición del blanco (siempre mediante infrarrojos) y especialmente apto para el combate envolvente, con posibilidad de soportar de 12 a 20 kg.

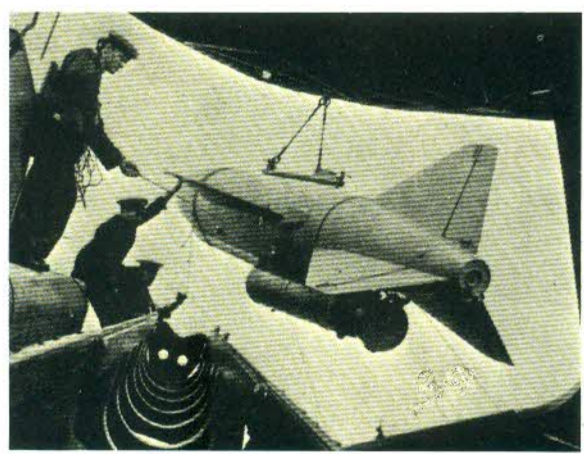
Bodenseewerke FGW Mod. 2 Sidewinder: (AIM-9F en USA) versión producida bajo licencia Alemana para la NATO, derivado de el AIM-9B pero con mejor ángulo de adquisición. Producidos cerca de 9.000 ejemplares.

NOTS/Philco/GE AIM-9B Sidewinder 1A
Misil aire-arie de corto alcance

Planta motriz: un motor cohete Naval Propellent Plant o Hércules Powder con propelente

Tomahawk de la marina de los Estados Unidos. Se diseñaron tres versiones de este misil según sus misiones estratégicas, su capacidad de ataque a buques enemigos, su emplazamiento en base terrestre. El primer vuelo realizado con el sistema de guía de comparación topográfica (Tercom) se realizó el 27 de enero de 1977.





A principios de la década de 1960, la URSS llevaba la delantera con sus misiles de crucero. En la fotografía puede verse un misil Styx tierra-tierra que es colocado a bordo de un veloz buque patrullero de la armada soviética.

sólido (probablemente hidrocarburo y perclorato de amonio) de tipo y empuje desconocidos, con una carga de cerca de 30 kg. Dimensiones: longitud 2,89 m.; diámetro del cuerpo 0,127 m.; envergadura de las aletas mayores 0,61 m. Peso: al lanzamiento 72,6 kg. Cabeza de guerra: (en la serie más reciente) 11,4 kg., de alto explosivo convencional de base a tritolo, con espoleta de proximidad y por impacto. Sistema de guía: autobuscador pasivo Philco por infrarrojos. Prestaciones: velocidad máxima alrededor de Mach 2; alcance típico 3,7 km. (de 3,35 a 5 km. según la velocidad de lanzamiento y la subvariante de propulsión) 1,1 km. cota cero; cota máxima alrededor de 4.500 m.

NWC/Raytheon AIM-9D Sidewinder 1C
Misil aire-aire de corto alcance

Planta motriz: un motor cohete Rocketdyne Mk.36 Mod. 5 Sidewinder con propelente sólido (Flexadine, polibutadieno lineal con radical carboxídico) con carga de 27 kg. de empuje desconocido, o la versión producida con licencia por la Thiokol con 32 kg. de propelente (hidrocarburo, aluminio molecular y perclorato de amonio). La primera serie tenía un cohete Mk.18 Mod. 1 de características desconocidas. Dimensiones: longitud 3,04 m.; diámetro del cuerpo 0,127 m.; envergadura de las aletas mayores 0,66 m. Peso: al lanzamiento 84 kg. Cabeza de guerra: según algunas fuentes 4,5 kg., según otras 10 kg. de alto explosivo convencional. Sistema de guía: autobuscador pasivo Raytheon Mk.18 por infrarrojos. Mod. 1 con ángulo de exploración mejorado respecto al AIM-9B. Prestaciones: velocidad máxima alrededor de Mach 2; alcance (motor Mk.36 Mod. 5) AIM-9C: 18,5 km.; AIM-9D: 10-12 km.

Raytheon AIM-7
Sparrow

El Sparrow constituye, junto al Falcon, Sidewinder y Genie, uno de los más difundidos misiles aire-aire americanos. Su desarrollo se inició para la US Navy en 1946-47, a fin de obtener un arma aire-aire de características similares al Dragonfly (después Falcon) de la USAF. En 1947 el proyecto fue denominado Hot Shot (impacto caliente) y un contrato de estudio fue asignado a la Sperry. Nace el AAM-N-2 Sparrow, un misil aire-aire de alcance medio y guía radar, el que se desarrolló en 1951 en asociación con la Douglas. En 1955, después de centenas de lanzamientos de prueba, el AAM-N-2 entró en producción para la US Navy (Douglas F3D-2M Skyknigh, Vough F7U-3M Cutlass y McDonnell F3H-2M Demon).

Más o menos al mismo tiempo la Douglas iniciaba el desarrollo del Sparrow II, destinado principalmente al Avro Canada CF-105 Arrow y al Douglas F5D Skylancer, dos proyectos que no tuvieron continuidad y marcaron el fin del desarrollo del misil.

Sucesivamente la US Navy pide a la Raytheon una versión autobuscadora por radar todo tiempo, de la que cabe saber que estaba realizada por la Douglas utilizando la estructura del Sparrow II. Nace así el AAM-N-6 Sparrow III, en 1956 y convirtiéndose inmediatamente en el misil aire-aire de alcance medio estandar en la US Navy y, tras la adopción del Phantom II, en la USAF.

Aún en servicio, están en estudio o curso de desarrollo nuevas versiones para prolongar su vida operativa aún por muchos años. El Sparrow III ha encontrado empleo operativo durante el conflicto vietnamita y más limitadamente, en la "guerra del Ramadan".

Douglas/Sperry AIM-7A Sparrow (I): ex AAM-N-2 primera versión, caracterizada de la



La última versión del misil Sidewinder, la AIM-9L, está especialmente destinada al combate aéreo evolucionante y es capaz de soportar giros de hasta 12g, aceleración inalcanzable para los cazas actuales.

forma más puntiaguda del cuerpo. Alcance de 8-9 km.

Douglas AIM-7B Sparrow II: ex AAM-N-3 experimental no producida en serie.

Douglas/Raytheon AIM-7C Sparrow III: ex AAM-N-6. Versión con célula rediseñada (cuerpo cilíndrico, punta ojival y aletas de mayores dimensiones). Sistema de guía mejorado, alcance de 9 a 11 km.

Raytheon AIM-7D Sparrow IIIA: ex AAM-N-6A. Versión de transición entre el AIM-6C y el AIM-7E, caracterizado por un propulsor distinto.

Raytheon AIM-7E Sparrow IIIB: ex AAM-N-6B. Versión de mayor producción, descrita en las características técnicas. Producido como AIM-7E-(N) o AIM-7N para la OTAN y como AIM-7E-2 con mejoras en el sistema de guía (y versión básica del AJ-521 UK,Sparrow británico), y aletas desmontables en el encastre, en configuración limpia.

Raytheon AIM-7F Sparrow Mk.58: ex Sparrow Mk.38 AIM-7E-2 con sistema de guía enteramente transistorizado y motor cohete de mayor capacidad. Alcance de más del doble (44-45 km). Coste unitario medio, 5.670.000 ptas. El Sparrow además de constituir el núcleo del Brazo, ha demostrado una cierta polivalencia y ha demostrado (durante el conflicto vietnamita) ser utilizable contra blancos terrestres no protegidos. Ha sido desarrollado en versiones superficie-aire; el BPDMS (Basic Point Defense Missile System) de la US Navy, desarrollado entre 1964 y 1972, utilizando misiles AIM-7E: el IPDMS (ODMS mejorado) utiliza el RIM-7H Sea Sparrow, una versión particular con aletas plegables: el APDMS (PDMS avanzado) cuya experimentación se inició en 1973, destinado a la utilización del AIM-7E-2 o el AIM-7F; el Ground Sparrow, versión no desarrollada por el poco interés del US Army y retomado por Selenia para su proyecto Spada (que actualmente preve el empleo del Aspid 1A) y de la Oelikon-Buhrle/Contraves con el sistema Skyguard y el Canadian Sea Sparrow Missile System realizado en la Raytheon Canada para la armada de esa nación y dotado de capacidades antiaéreas y antibuque (el sistema está basado en el AIM-7E-2); una última realización naval que emplea el AIM-7E, AIM-7N o RIM-7H y el Albatros de la Selenia, destinado a pasar por delante del más moderno Aspide.

Al inicio de los años setenta estaba en curso de desarrollo una versión avanzada del AIM-7G, con motor Mk.58, sus características han sido incorporadas en el AIM-7E.

Raytheon AIM-7E Sparrow IIIB (ex AAM-N-6)
Misil aire-aire de medio alcance

Planta motriz: un motor cohete Rocketdyne Mk.38 Mod. 4 Sparrow con propelente sólido (Flexadyne, polibutadieno lineal de terminal carbosódica) de características desconocidas o un Aerojet Mk.52 Mod. 2 Sparrow (con propelente a base de polibutadieno y perclorato de amonio) cerca de 2.700 kg/s. Dimensiones: longitud 3,66 m.; diámetro del cuerpo 0,204 m.; envergadura aletas mayores 1,02 m. Peso: al lanzamiento 204 kg. Cabeza de guerra: de 27 a 29 kg. de alto explosivo convencional. Sistema de guía: radar semiactivo de onda con-

Foto insertada: Para efectuar el lanzamiento, los contenedores con apariencia de cisternas se elevan mediante gatos hidráulicos y el misil es disparado con ayuda de aceleradores cohete desprendibles.

Misil-crucero soviético anti-buque que recibe el nombre en código Shaddock, según la nomenclatura de la OTAN. La versión de defensa costera es transportada sobre un vehículo de ocho ruedas que se asemeja a un camión cisterna. Otras versiones del Shaddock se instalan en contenedores estancos, a bordo de buques de la Armada soviética.

tínua (CW); controlado mediante las aletas centrales. Prestaciones: velocidad máxima de Mach 2 a Mach 3,5; alcance de 13 a 22 km. (según las condiciones de lanzamiento).

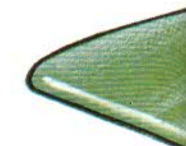
Raytheon AIM-7F Sparrow Mk.58
Misil aire-aire de medio alcance
Planta motriz: un motor cohete Hércules Mk.58 Mod. 0 Sparrow de dos etapas, con propelente sólido (polibutadieno de terminales, con carbosídico perclorato de amonio); características no confirmadas. Dimensiones: como el AIM-7E. Peso: cerca de 225 kg. al lanzamiento. Cabeza de guerra: 39 kg. de alto explosivo convencional. Sistema de guía: como el AIM-7E-2, con predisposición a la instalación de un dispositivo alternativo por infrarrojos. Prestaciones: velocidad máxima hasta Mach 3,9; alcance máximo 44-45 km.

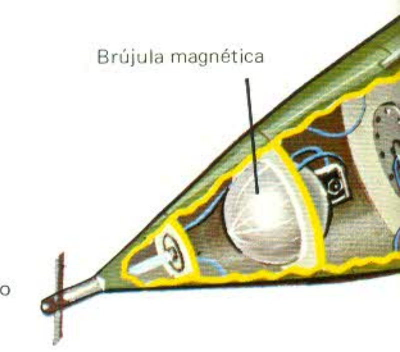
SUDAFRICA

Whiplash

El 2 de mayo de 1969, el ministro de defensa sudafricano P.W. Botha anunciaba que estaba en curso de desarrollo, en el país, un nuevo tipo de misil, un superficie-aire (que se reveló como el R.440 Cactus) y otro aire-aire. Según las declaraciones, el misil estaba siendo fabricado enteramente en Sudáfrica, dotado de "algunas características únicas" y que estaba siendo probado en el polígono de Santa Lucía.

Fuentes inglesas afirmaron que el misil se llamaba Whiplash y se sabía que estaba en curso de una limitada producción (según noticias de 1973). No se puede excluir que aunque se trataba de una adaptación de un misil que ya estaba en servicio en Sudáfrica, quizá el MA-





TRA R.530 Hay que recordar sin embargo, que la SAL (Sud-Afrika-anse Lugmag) recientemente ha pedido misiles Magic franceses y Shafrir israelíes.

SUIZA

SAAB-Scania 372

Con ocasión del Salón de l'Aéronautique et de l'Espace de mayo-junio de 1975, SAAB-Scania presentó la maqueta de un nuevo misil aire-aire en curso de desarrollo, el SAAB-372. El nuevo proyecto reunía un misil de corto alcance con sistema de guía infrarrojo (y radio de acción no superior a 12 km.) y posibilidades de empleo en combate cerrado. La célula es convencional, con ala estabilizadora central y aleta trasera de maniobra. Sus notables características son: longitud 2,50 m.; diámetro del cuerpo 0,168 m.; envergadura de las alas mayores 0,66 m.; peso al lanzamiento 95 kg.

UNION SOVIETICA

K-13A (AA-2 Atoll)

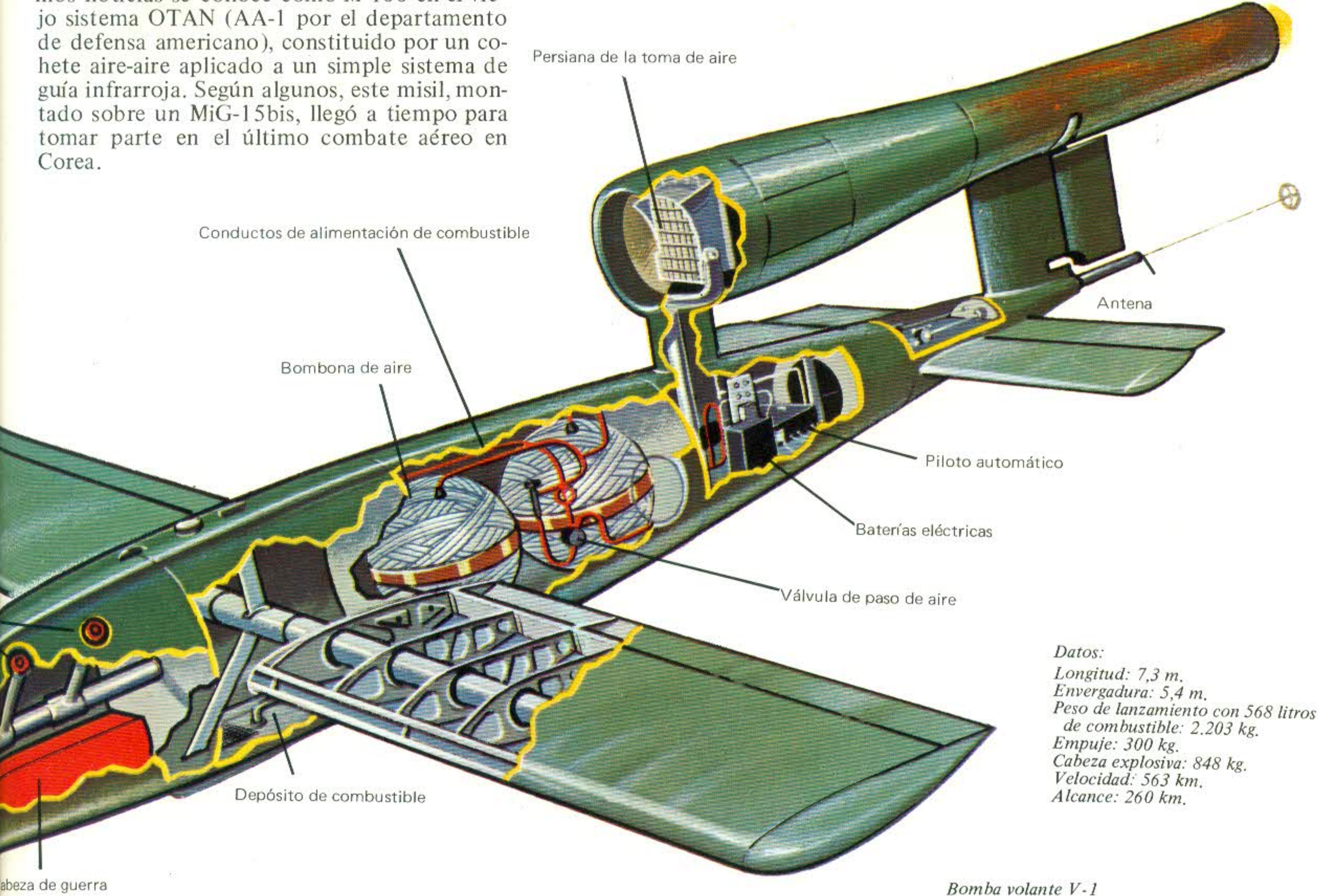
El primer misil aire-aire soviético del que tenemos noticias se conoce como M-100 en el viejo sistema OTAN (AA-1 por el departamento de defensa americano), constituido por un cohete aire-aire aplicado a un simple sistema de guía infrarroja. Según algunos, este misil, montado sobre un MiG-15bis, llegó a tiempo para tomar parte en el último combate aéreo en Corea.

Mientras se estaba en estudio para elaborar una versión más eficiente gracias a la colaboración de los chinos, se encontraron en posesión de un Sidewinder empotrado en un MiG-17 chino (no había funcionado ni la espoleta ni el dispositivo de autodestrucción).

El Sidewinder, después de haber sido expuesto en Pekín, fue enviado a la URSS. En 1960 entra en producción una versión de éste, que recibe la denominación Atoll en la OTAN, AA-2 en el departamento de defensa americano y K-13 en la URSS. El K-13 puede considerarse similar al AIM-9A, mientras la versión K-13A, con mejoras en el sistema de guía y en el motor, análogo al AIM-9B.

Durante varios años se habló de un "Advanced Atoll" (AA-2-2 o Mk.2) al que se atribuía un alcance de cerca de 35 km. En realidad, en los MiG-21 de la última versión ha sido vista una nueva versión del K-13A, caracterizada por un sistema de guía radar contenido en una proa notablemente alargada; en cambio, las prestaciones permanecían invariables. El radar "Spin-Scan" de nueva generación del MiG-21 tiene un alcance de casi 28 km. en exploración y 18,5 en ataque, por lo que el alcance máximo del misil debe ser inferior a estos valores.

La tecnología norteamericana condujo a un avance fundamental hacia mediados de la década de 1970 con la aparición de los misiles crucero guiados con precisión. Los misiles alados siguen el contorno de la tierra a muy bajo nivel para golpear sus blancos con una eficacia mortal. Presentan una enorme diferencia respecto de sus predecesores, el Fieseler Fi 103, o la bomba voladora V-1, empleada por los alemanes durante la Segunda Guerra Mundial en sus indiscriminados bombardeos de Londres y el sureste de Inglaterra. Estaba equipada con un motor pulso-reactor Argus As 014. A una distancia preestablecida el V-1 caía en picado al cortar el suministro de combustible al motor. El cese del funcionamiento del motor permitía que las gentes del área contaran con algunos escasos segundos para ponerse a cubierto antes de que el misil tocara tierra y estallara.

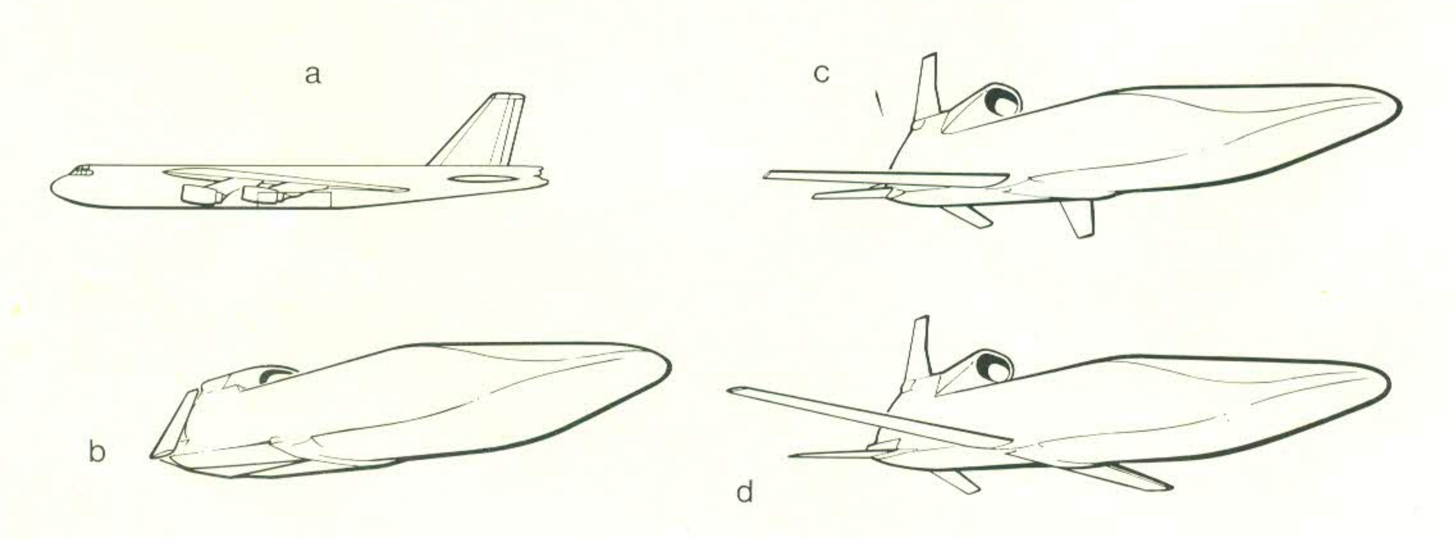


Datos:
Longitud: 7,3 m.
Envergadura: 5,4 m.
Peso de lanzamiento con 568 litros de combustible: 2.203 kg.
Empuje: 300 kg.
Cabeza explosiva: 848 kg.
Velocidad: 563 km.
Alcance: 260 km.

Bomba volante V-1

Bodega de bombas del bombardero B-52 exhibiendo un lanzador rotativo con ocho misiles ALCM. Son posibles otras distribuciones con misiles de mayor alcance.

Despliegue del ALCM - Air Launched Cruise Missile, Misil Crucero de Lanzamiento Aéreo. (a) emplazamiento de un lanzador rotativo en un bombardero B-52. (b, c, d): diversas etapas de despliegue después de su lanzamiento.





En la fotografía la nueva generación de bombas volantes norteamericanas que entorpecieron las conversaciones SALT 2 con la Unión Soviética. Denominado ALCM-Misil Crucero de Lanzamiento Aéreo-, puede volar menteniendo un curso preciso hacia su blanco a nivel de la copa de los árboles, cualidad que lo hace difícilmente detectable por los radares enemigos.

El K-13 se produce bajo licencia en la India, sin licencia en China, y están implicados otros países pertenecientes al Pacto de Varsovia, como también Pakistán y todos los países que cuentan con el MiG-21, del que el K-13 se constituye en armamento estándar.

Durante el conflicto arabe-israelí en 1967, los Mirage III-CJ israelí usaron Atoll capturados a los egipcios (el misil es perfectamente compatible con el afuste del Sidewinder) aunque en cometidos aire-superficie contra objetivos no protegidos.

Características y prestaciones iguales a la del SB-06 chino: algunas fuentes autorizadas atribuyen al K-13A un alcance de 8 a 10 km., pero parece más real el valor máximo de 6,5 km.

K-13A (AA-2Atoll)
Misil aire-aire de corto alcance
Planta motriz: un motor cohete de propelente sólido (cerca de 30 kg. de carga probablemente polimero y perclorato de amonio) de empuje desconocido. Dimensiones: longitud 2,79 m.; diámetro del cuerpo 0,12 m.; envergadura de las aletas mayores 0,47 kg. Cabeza de guerra: cerca de 5 kg. de alto explosivo convencional a base de tritolo. Sistema de guía: autobuscador pasivo por infrarrojos. El elemento sensible tiene un sector de adquisición de blanco bastante reducido. Prestaciones: velocidad máxima aproximadamente 1.900 km/h. (Mach 1,8) alcance de 1 a 6,5 km. (según la velocidad y la posición de lanzamiento), hasta 18.000 m. de cota máxima.

K-5 (AA-3 Alkali)
Misil aire-aire de corto alcance
Planta motriz: un motor cohete de propelente sólido de tipo y empuje desconocido. Dimensiones: longitud 3,35 m.; diámetro del cuerpo 0,25 m.; envergadura máxima (aletas en diagonal) 0,80 m. Peso: (estimado) al lanzamiento 250 kg. (según fuentes de la OTAN 162 kg). Sistema de guía: radio o radar, según la versión. Cabeza de guerra: básicamente explosivo con-

vencional, disponible con diversos tipos de espoleta. Prestaciones: velocidad máxima Mach 1,8; alcance 7,4 km. cota comprendida entre 300 m. y 19.800 m.

AA-5 Ash

Este misil, es tenido en Occidente por un análogo del Sparrow americano y desarrollado más o menos contemporáneamente a los interceptadores todo-tiempo de largo alcance Lavochkin La-250 Anaconda y Tupolev Tu-28 (Fiddler), es decir entre 1955 y 1958. El AA-5 fue destinado principalmente a la interceptación de incursores enemigos volando a cotas más bajas (en USA se les conoce como tipo "snap down" o "disparador hacia abajo"), guiado en cualquier dirección por el radar del Tu-28P, que lleva cuatro de estos misiles. Esta dirección de tiro cuyas características no son muy conocidas, en la versión Fiddler-A, tiene un alcance de 74 km. en fase de ataque.

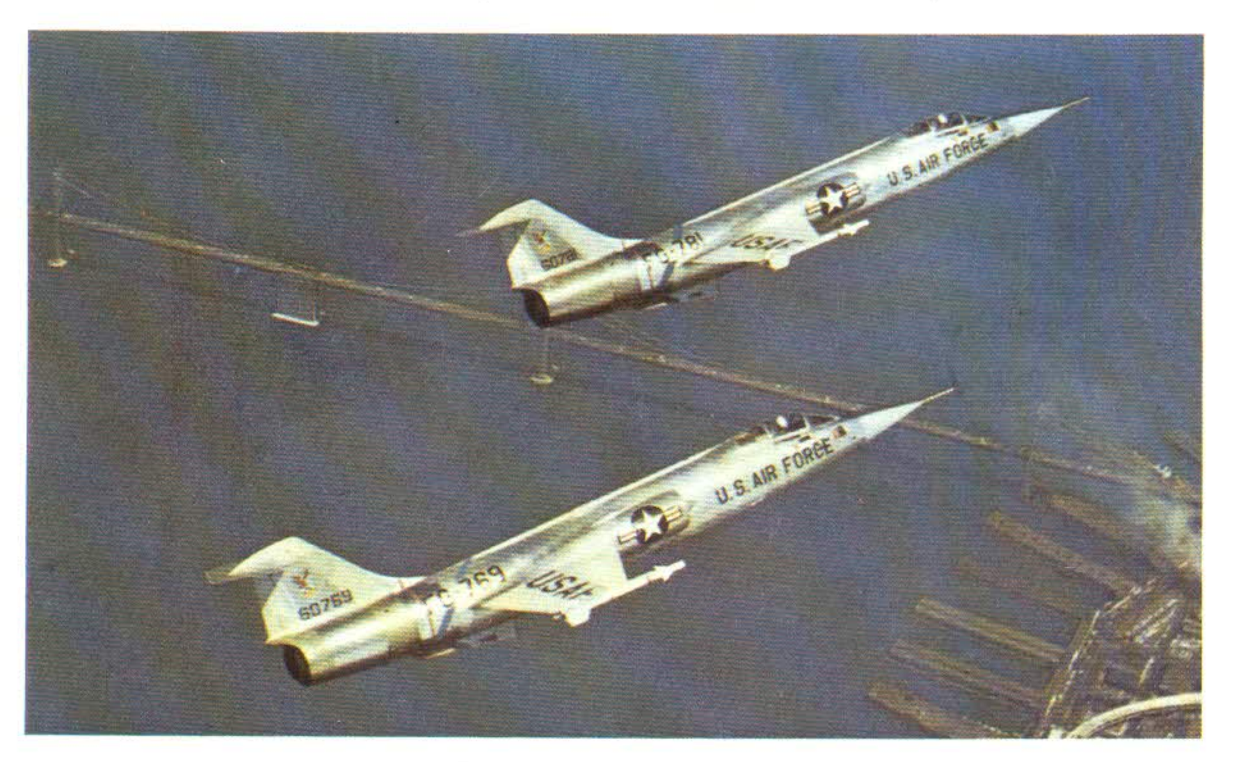
Actualmente este misil está fuera de servicio junto con el Fiddler-B y no se sabe si es utilizado por su sucesor, el Tu-22P, versión de interceptación del bombardero medio Blinder.

AA-6 Anab

Para sustituir al viejo AA-3 Alkali, conceptualmente superado en diversas características, fue desarrollado un nuevo misil aire-aire aparentemente parecido al anterior, pero en realidad completamente rediseñado. En Occidente se le identifica como AA-6 Anab, pero fue confundido frecuentemente con el Alkali hasta que no apareció en Domodedovo en 1967 como armamento estandar de todos los interceptadores. El ingenio se desarrolló en el período de 1959-62 para armar al Sukhoi Su-11 (Fishpot-C) del que no existieron más que dos ejmplares. Existen dos configuraciones: una con guía radar y otra a infrarrojos, según la solución adoptada con el Ash. Actualmente el AA-6 equipa al Su-11 y Su-15 (Flagon A/C/D/E) y el Yak-28P (Firebar). Como se ha dicho a propósito del Atoll, existe un AA-6-2 Advanced Anab, con alcance aumentado equipando a los Yak-28P, y a las unidades de interceptación de MiG-25 (que llevan cuatro), unidades con Su-15 y con el Tu-22P (Blinder-E). Actualmente parece que el Anab no se ha exportado.

AA-5 Ash
Misil aire-aire de alcance medio
Planta motriz: un motor cohete de propelente sólido de tipo y empuje desconocido. Dimensiones: (aproximadas) longitud 4,15 m.; diámetro del cuerpo 0,25 m.; envergadura de las aletas mayores 1,85 m. Peso: al lanzamiento 220-380 kg. (según fuentes de la OTAN 400 kg.). Sistema de guía: intercambiable radar o infrarroja. Cabeza de guerra: alrededor de 30 kg. de alto explosivo convencional. Prestaciones: velocidad máxima Mach 2,7; alcance 29,6 km. (ataque frontal) 22,2 km. (lanzamiento de caza).

AA-6 Anab
Misil aire-aire de cortomedio alcance
Planta motriz: un motor cohete de propelente sólido de tipo y empuje desconocido. Dimensiones: (referente a la versión de guía radar Anab-R): longitud 4 m.; diámetro del cuerpo 0,29 m.; envergadura de las aletas mayores 1,25 m. Peso: (estimado) al lanzamiento 225-250 kg. (300-310 kg. según la OTAN). Cabeza de guerra: unos 30-35 kg. de explosivo convencional. Prestaciones: (estimadas) velocidad máxima Mach 3; alcance (versión IR) 10 km. (versión R) 16-25 m. (según la geometría de lanzamiento) a Mach 2 y 2.500 m.

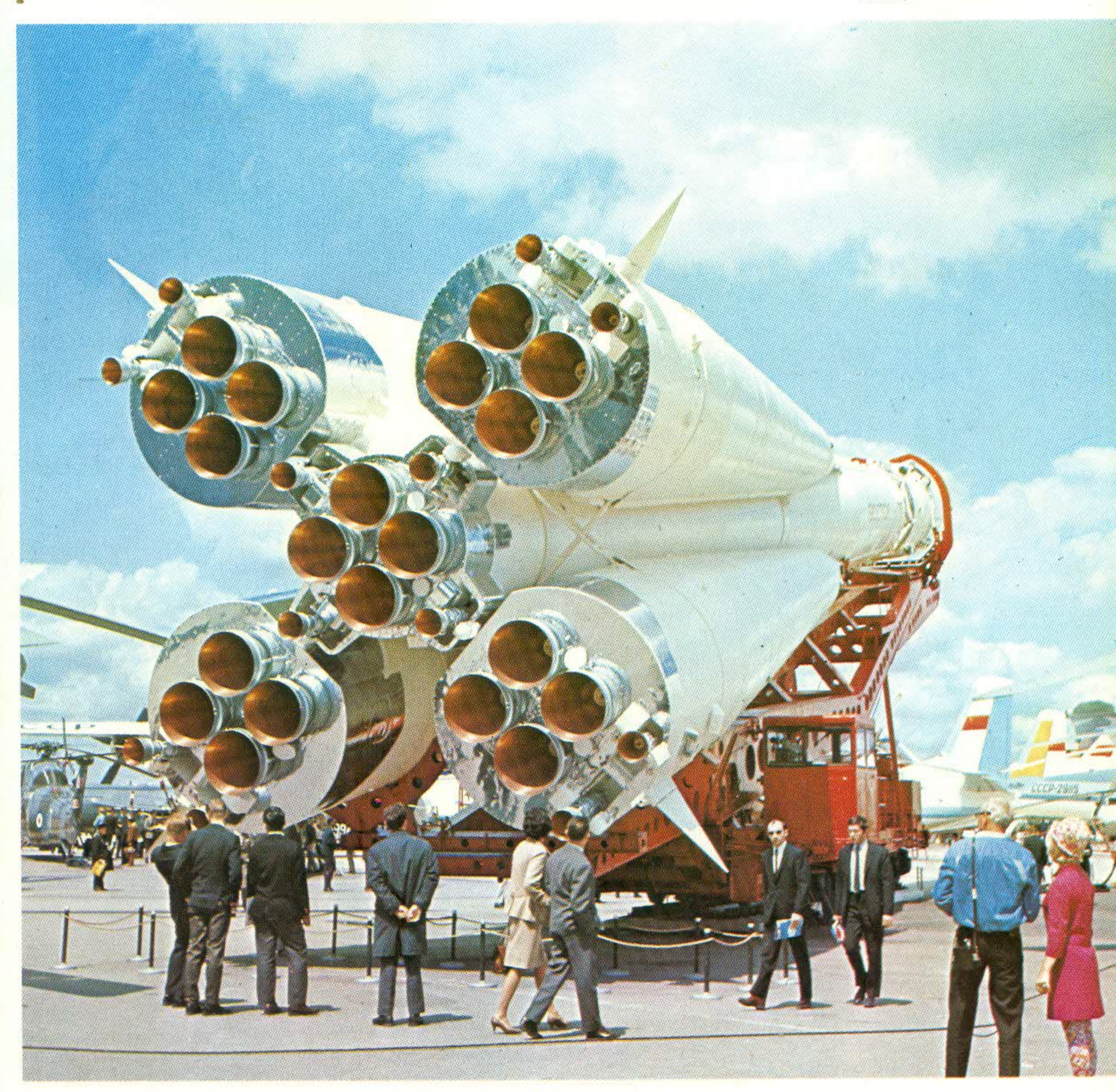


Dos Lockheed F-104 Starfighters, semejantes a agujas, sobrevuela el puente Golden Gate de San Francisco. Los F-104 fueron apodados "misiles tripulados".

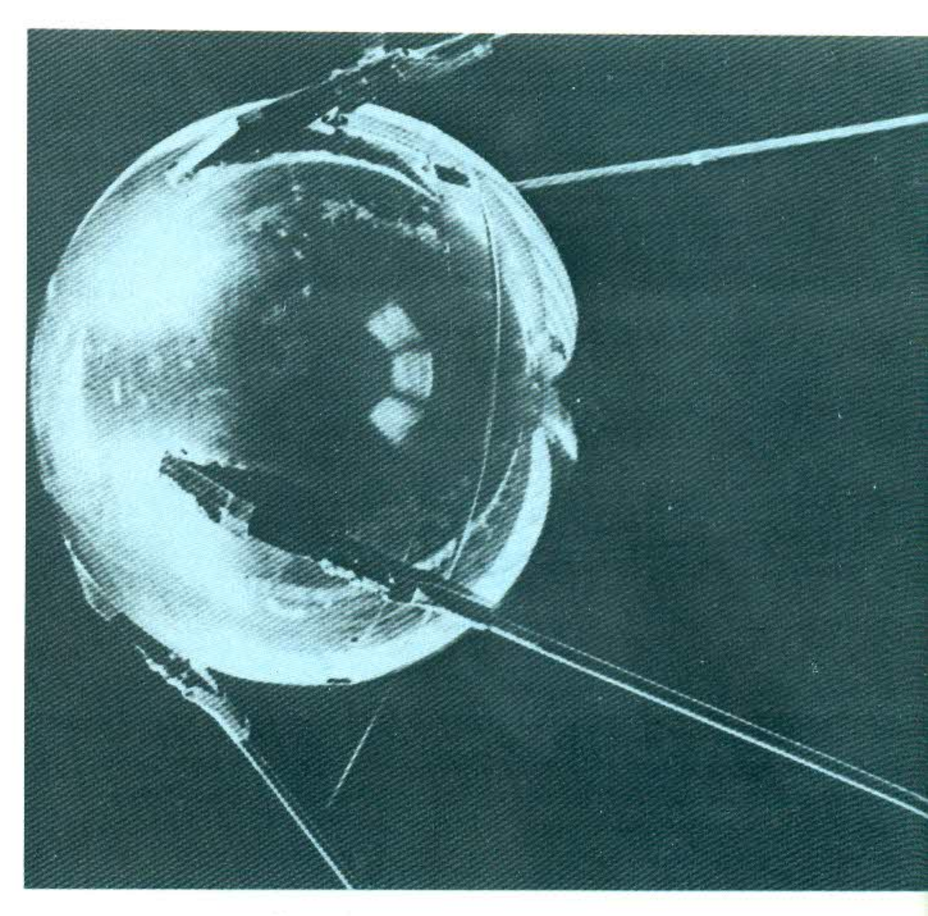
EXPLORACION ESPACIAL Y COHETES

La exploración del espacio
El 4 de octubre de 1957 la URSS conmocionó al mundo entero lanzando el primer satélite artificial de la historia. Este acontecimiento de suma trascendencia había sido posible merced al gran proyectil balístico intercontinental desarrollado por el equipo que dirigía Sergei P. Korolev. El satélite propiamente dicho, llamado *Sputnik I*, pesaba 83,6 kg. Tenía la forma de una esfera de aluminio pulido de 0,58 m. de diámetro con largas antenas flexibles. Los característicos "blips" de su transmisor, que

El lanzador Vostok.
La URSS conservó en secreto el gran cohete que colocó a Yuri Gagarin en órbita el 12 de abril de 1961 durante seis años. Finalmente, durante la Muestra Aérea de París de 1967, el mundo pudo conocer una réplica del mismo.



El Sputnik I, (Camarada Viajero) el primer satélite artificial del mundo. Fue lanzado el 4 de octubre de 1957 desde el cosmodromo Tyuratam-Baikonur por el nuevo proyectil balístico intercontinental diseñado por el Dr. S. P. Korolyov. Era poco más que un transmisor de radio orbitante con largas antenas flexibles y pesaba 83,6 kg. La cubierta tenía un diámetro de 58 cm. La órbita oscilaba entre 215 y 939 km. con una inclinación de 65,1 grados hacia el ecuador. Este satélite esférico alcanzaba una velocidad de más de 28.400 km/h. Después de 92 días en órbita, el Sputnik I se incendió en la atmósfera el 4 de enero de 1958. El mismo cohete básico que lanzó este satélite fue posteriormente provisto de una etapa superior para lanzar a los cosmonautas soviéticos.



fueron recogidos por las estaciones de radio de todo el mundo, marcaron el inicio de una nueva era.

La posición de los Estados Unidos en el campo de la cohetería se vio seriamente amenazada por el *Sputnik*, por lo que el presidente Eisenhower se vio en la obligación de reafirmar al público norteamericano, a través de la radio y la televisión, la solidez de las defensas de la nación. Este gesto fue recibido en Moscú con un júbilo incontenible. Con gran entusiasmo, el *Pravda* comentaba que "el lanzamiento del primer satélite ha demostrado que... la posibilidad de llegar a la luna es razonable y está justificada".

En los Estados Unidos se redoblaron los esfuerzos para colocar en la plataforma de lanzamiento de Cabo Cañaveral el cohete Vanguard de tres etapas, que había sido anunciado previamente como parte de la contribución norteamericana al Año Geofísico Internacional (1957-58). El objetivo perseguido era lanzar un satélite científico de 9 kg. El primer cohete con todas las etapas "vivas" estuvo dispuesto en la plataforma de lanzamiento el 6 de diciembre de 1957. Dentro de su cápsula delantera llevaba un satélite de prueba de 13,3 cm. de diámetro, que pesaba apenas 1,47 kg.

No obstante, una vez encendido el motor del Vanguard, éste no logró desarrollar el suficiente empuje y en lugar de lanzarse hacia el espacio, el cohete se tambaleó, cayendo envuelto en un mar de llamas. En medio del infierno, el pequeño satélite continuaba emitiendo los "blips" de su señal sonora.

Casi de manera inmediata, la administración Eisenhower acordó permitir que la US Army Ballistic Missile Agency desarrollara su cohete Júpiter C, como lanzador de satélites. Previamente, el concepto de este cohete ya había sido concebido por el científico Dr. Wernher von Braun y sus colaboradores, por lo que transcurrió muy poco tiempo hasta que

Un mes después una sorpresa aún mayor conmocionaba al nuevo mundo de la "Era espacial": la puesta en órbita de la perra Laika en una pequeña cabina presurizada. A Laika se le proporcionaba alimento y agua automáticamente y unos sensores fijados en su cuerpo emitían información médica básica que era recibida en la Tierra a través de la radio. El Sputnik II, que permaneció adosado al cohete transportador orbitante, circunvaló la Tierra durante cinco meses y medio, y se desintegró al entrar en contacto con la atmósfera de la Tierra. Los soviéticos no habían hecho planes de recuperación, pero Laika había perdido el conocimiento y muerto mucho tiempo antes, al acabarse las reservas de aire. La fotografía muestra una réplica de la nave espacial tal como aparecía en el extremo del vehículo de lanzamiento. La cabina presurizada de Laika es el cilindro inferior; en la sección superior más pequeña, se alojaba el transmisor de radio.

el Júpiter C estuvo colocado en la plataforma de lanzamiento.

El 1 de febrero de 1958, el cohete, denominado Juno I, se elevó de la base de Cabo Cañaveral para poner en órbita al *Explorer I*, el primer satélite artificial de los Estados Unidos. El satélite viajó alrededor de la Tierra describiendo una ancha órbita elíptica y los datos que envió llevaron al descubrimiento de que nuestro planeta está circundado por partículas con carga eléctrica procedentes del Sol, atraídas por el campo magnético de la Tierra (se trata de los cinturones de radiación Van Allen, nombre que les fuera asignado en honor del científico que llevó a cabo la experimentación).

Poco tiempo después, un cohete Vanguard consiguió poner en órbita un satélite de prueba de 1,47 kg., que Nikita Khruschev se apresuró en calificar como el Satélite "pomelo" de los Estados Unidos. Dos meses más tarde, la URSS lanzaba el *Sputnik 3*, un inmenso laboratorio geofísico en forma de cono aproximadamente cien veces más pesado que el *Explorer I*.

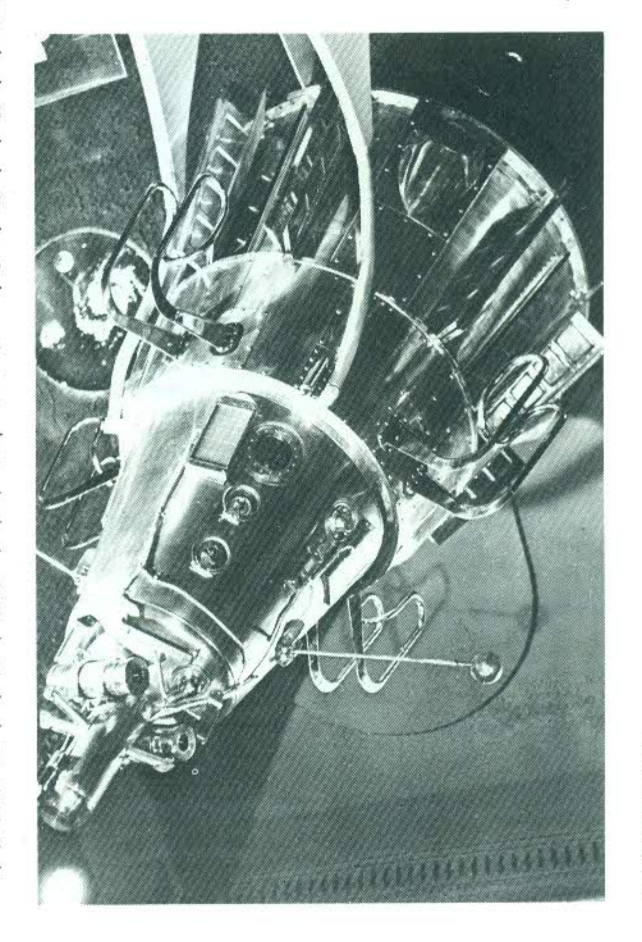
Para entonces, en los Estados Unidos se estaba llevando a cabo un profundo replanteamiento de la política espacial, que condujo a la elaboración de la National Aeronautics and Space Act, promulgada el 29 de julio de 1958. Esta ley permitió la formación, a partir del núcleo del ya existente National Advisory Committee for Aeronautics (NACA, comité consultivo nacional de aeronáutica), de un nuevo e importante cuerpo, la National Aeronautics and Space Administration (NASA, Administración Nacional del Espacio y la Aeronáutica), que fue inaugurada el 1 de octubre de 1958. Todas las funciones relacionadas con actividades espaciales fueron transferidas a la NASA en el transcurso de los cuatro años siguientes, y la agencia espacial civil estuvo entonces en condiciones de adquirir los servicios de la Army Ballistic Missile Agency y los conceptos de von Braun sobre los grandes vehículos de lanzamiento (Saturno). En marzo de 1960 von Braun fue designado director del Centro de Viajes Espaciales Marshall de la NASA, en Huntsville, y se proporcionaron nuevos fondos para subvencionar el programa Saturno.

Mientras tanto, la actividad de los soviéticos no había cesado. El 12 de abril de 1961 alcanzaron el logro supremo de colocar a un hombre en órbita, utilizando una versión modificada del mismo tipo de cohete que había lanzado los primeros Sputniks. Aquel hombre se llamaba Yuri Gagarin. Viajó en una cápsula recuperable semejante a una pelota, adosada a un módulo de servicio que suministraba el aire a la nave (oxígeno y nitrógeno a aproximadamente una atmósfera de presión). El módulo de servicio, de forma cónica, también se encargaba de modificar la dirección de la nave en el espacio y llevaba un retrocohete que, al ser disparado, actuaba como freno para iniciar el proceso de recuperación de la nave. Sólo la cápsula del cosmonauta regresó a la Tierra, ya que el módulo de servicio, que se separó antes de la recuperación, se quemó totalmente por la fricción en la atmósfera.



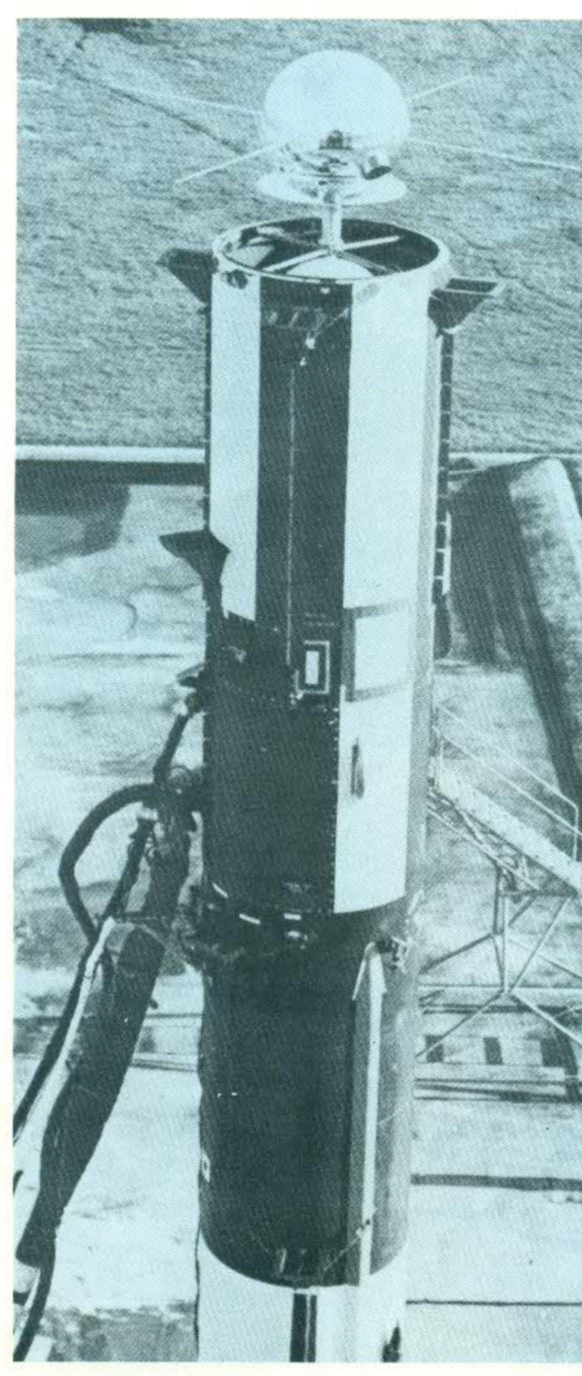
Los satélites Vanguard preparados para el Año Geofísico Internacional (1957-58) tenían un diámetro de 50 cm. Aquí vemos uno de ellos adosado a la etapa final de su vehículo de lanzamiento. Durante el lanzamiento, estaba protegido por un cono desprendible.

Gagarin efectuó un circuito alrededor de la Tierra en 108 minutos, demostrando que los seres humanos podían sobrevivir en el espacio al menos durante períodos de tiempo relativamente cortos, a pesar de las grandes aceleracio-



El poder de elevación de los grandes ICBM soviéticos adquirió un énfasis aún mayor en mayo de 1958 con el lanzamiento del Sputnik III, un laboratorio geofísico de forma cónica. Pesaba 1.327 kg., pero no llegó a establecer ningún nuevo récord.

nes experimentadas en los procesos de despegue y recuperación y del período de ingravidez y exposición a las radiaciones durante la orbitación.



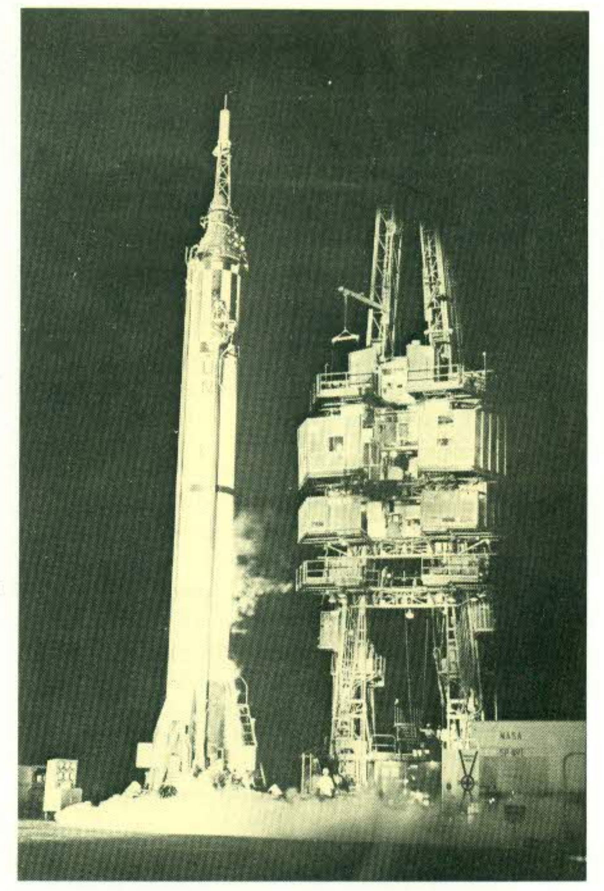
El satélite Vanguard 2, norteamericano, colocado en el vehículo de lanzamiento, antes de acoplársele el cono de proa desprendible. Lanzado el 17 de febrero de 1959 en una órbita elíptica, circunvolará la Tierra durante más de 100 años antes de destruirse a sí mismo al entrar en contacto con la atmósfera.

Los Estados Unidos se hallaban bastante lejos de alcanzar un logro de semejantes características y habían limitado sus pruebas iniciales a lanzamientos balísticos en el Atlántico. El 5 de mayo de 1961, Alan Shepard, en la cápsula Mercurio *Freedom 7*, fue lanzado por un cohete Redstone alcanzando una altura de 187 km. y recorriendo una distancia máxima de 478 km. Dos meses después, Virgil "Gus" Grissom realizó un vuelo similar en la cápsula *Liberty Bell*, cayendo a 488 km. del lugar de lanzamiento. Si bien su cápsula se inundó, para hundirse luego, él fue rescatado sano y salvo desde un helicóptero. (Grimsson perdería después la vida junto a Ed White y Roger Chafee en el incendio de la nave espacial Apolo, ocurrido en Cabo Cañaveral el 27 de enero de 1967).

Estos primeros experimentos que realizaron los Estados Unidos tuvieron una ventaja sobre los llevados a cabo por la URSS. Los propios astronautas se valían de controles manuales para modificar la dirección de su nave espacial en vuelo, proporcionando una valiosa experiencia para cuando los Estados Unidos realizaron el primer intento de colocar un hombre en órbita. La oportunidad recayó en John Glenn, que despegó de Cabo Cañaveral el 20 de febrero de 1962, abordo de la cápsula *Friendship 7* en el extremo de un Atlas ICBM modificado. Glenn completó tres órbitas a la Tierra en un vuelo que duró 4 horas 55 minutos. Si bien el soviético Gherman Titov ya había realizado un viaje espacial de 25 horas de duración, el vuelo de Glenn marcó un hito en la historia de la exploración espacial de los Estados Unidos.

Los vuelos tripulados, tanto norteamericanos como soviéticos, se sucedieron rápidamente a partir de entonces. Valentina Tereshkova, la primera mujer astronauta, realizó un vuelo espacial de casi 71 horas de duración en junio de 1963. La URSS lanzó una nave espacial con una tripulación de tres hombres, la *Voskhod I*, en octubre de 1964, y menos de cinco meses después, Alexei Leonov "caminó por el espacio" desde la orbitante *Voskhod II*.

A este hecho le siguió la nave espacial norteamericana Géminis, con dos hombres de tripulación, desde la cual Ed White "caminó" por el espacio en junio de 1965, maniobrando con la ayuda de una "pistola de gas" manual. En la *Géminis 7* Frank Borman y James Lovell



Derecha: Antes de que los Estados Unidos lanzaran a un hombre para orbitar alrededor de la Tierra, se realizaron pruebas suborbitales en cápsulas Mercurio. Este cohete Redstone lanzó al futuro astronauta Alan Shepard en un vuelo de quince minutos sobre el Atlántico, el 5 de mayo de 1961.

permanecieron en vuelo durante aproximadamente dos semanas, pasando muy cerca de la *Géminis 6*, tripulada por Walter Schirra y Tom Stafford. Las naves espaciales tripuladas se acoplaron con "objetivos" Agena en órbita y los astronautas perfeccionaron el arte de "caminar" por el espacio.

En este punto los acontecimientos se orientaron rápidamente hacia un trascendente desafío por parte de los Estados Unidos. El 25 de mayo de 1961, el presidente Kennedy manifestó durante una sesión del Congreso: "Creo que esta nación debería comprometerse para alcanzar el objetivo, antes de que concluya la década, de colocar un hombre en la Luna y hacerlo volver sano y salvo a la Tierra..." Así nació el Proyecto Apolo.

Sondas lunares no tripuladas

Antes de que el hombre pudiera llegar a la Luna fue necesario enviar sondas sin tripulación para explorar su superficie. La URSS fue la primera en conseguir un aterrizaje en la Luna (*Lunik 2*), en el año 1959. Ese mismo año envió el *Lunik 3* alrededor de la Luna para tomar fotografías de su cara oculta. Otro logro importante fue el aterrizaje del *Luna 9*, en febrero de 1966, que envió las primeras imágenes de televisión desde la superficie de la Luna.

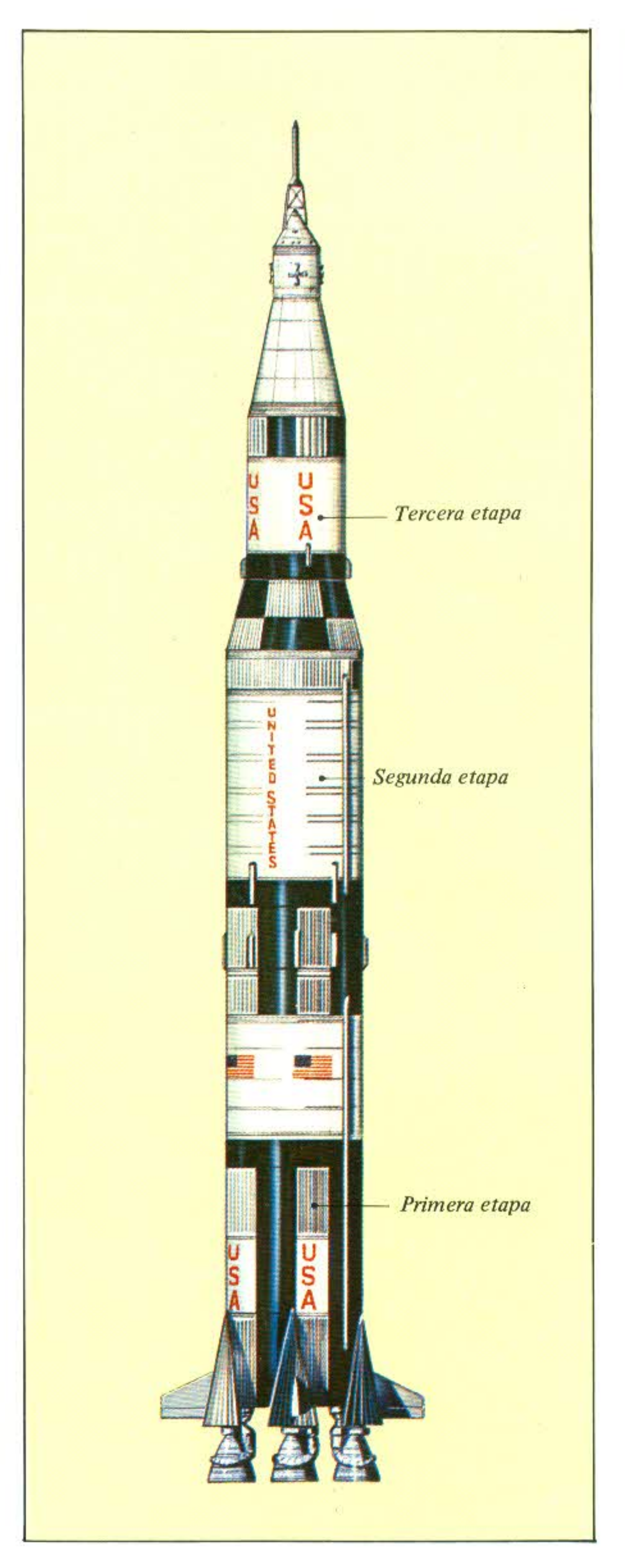
Los Estados Unidos enviaron la nave espacial Ranger, que fotografió la Luna continuamente hasta estrellarse contra la superficie. La nave Surveyor, de tres patas, examinó el suelo mediante una paleta mecánica manejada por control remotor desde la Tierra. Otra nave espacial norteamericana, la Lunar Orbiter, fotografió extensas zonas de la Luna desde su órbita. Estas incursiones robot demostraron que la superficie de la Luna era segura para un aterrizaje con tripulación y permitieron seleccionar los puntos más aptos de aterrizaje para las futuras misiones Apolo.

El hombre alrededor de la Luna

Finalmente, y en vista de los vuelos circunlunares de la nave espacial soviética Zond, que no llevaba tripulación, la NASA dio el visto bueno para el lanzamiento de la *Apolo 8*, que colocaría a tres hombres en órbita lunar. Durante las navidades de 1968, Frank Borman, James Lovell y Willian Anders proporcionaron a los espectadores de televisión en la Tierra las primeras imágenes de la desolada superficie de la Luna, a una distancia de 112,6 km. de ella.

Este fue un punto culminante en la "Carrera hacia la Luna". Después de una prueba de vestimenta llevada a cabo por los astronautas de la *Apolo 10*, al fin se vio claramente la posibilidad de realizar un aterrizaje tripulado.

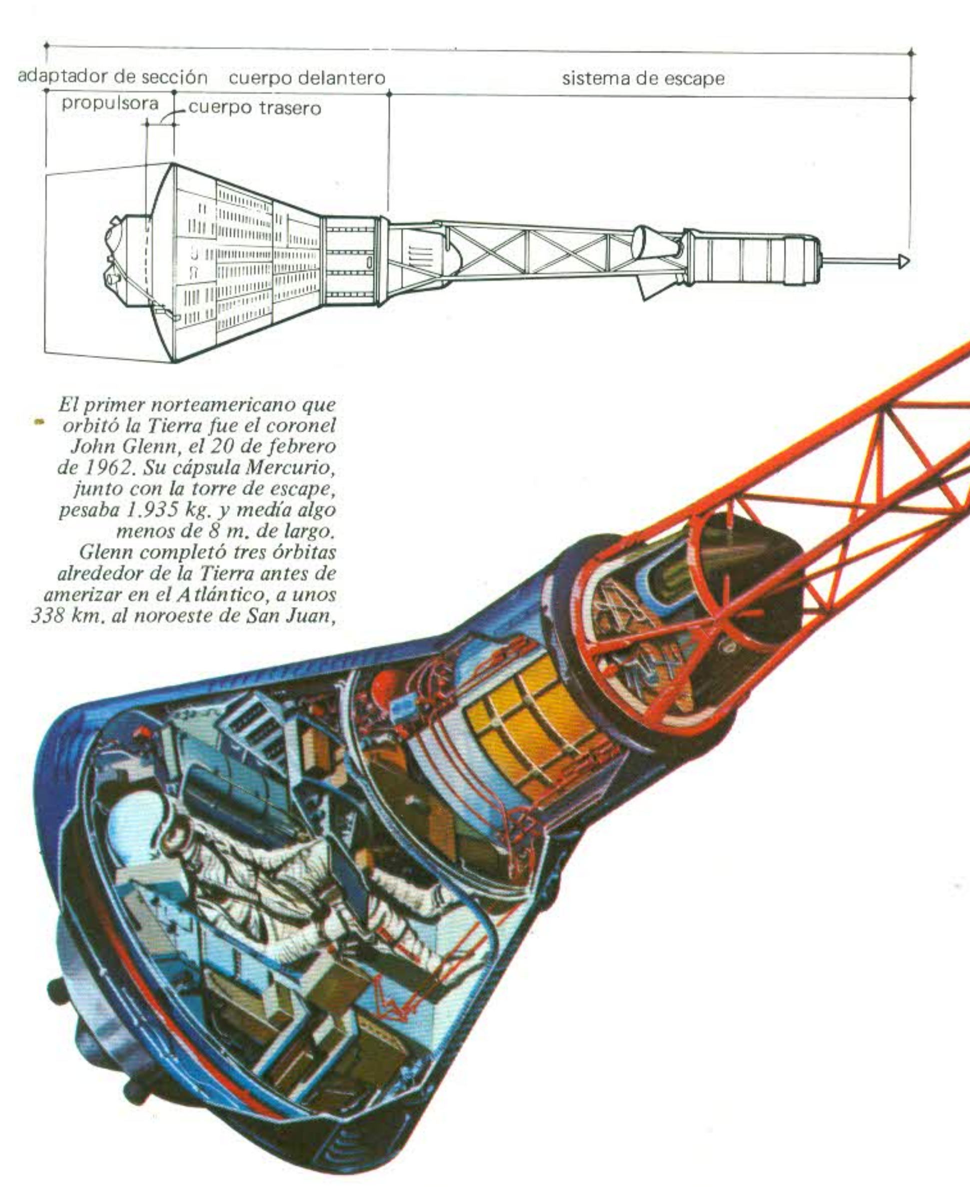
Después de separarse de la nave de mando *Apolo 11* en órbita lunar, Neil Armstrong y Edwin Aldrin comenzaron su descenso en el Mar de la Tranquilidad, bordeando un campo de grandes piedras para alunizar su Módulo Lunar a salvo sobre la superficie. Era el día 20 de julio de 1969.



El enorme cohete de tres etapas Saturno 5 fue el que llevó al hombre a la Luna.

Desde sus aparatos de televisión, gran parte del mundo pudo ver cómo la imagen neblinosa de Neil Armstrong descendía lentamente por la escalerilla para saltar con ligereza sobre el polvoriento suelo virgen de la Luna. Unos instantes después se le reunía Aldrin. Los dos hombres se adaptaron pronto a la escasa gravedad. Instalaron instrumental científico y recogieron 21,8 kg. de muestras lunares.

Concluida su estancia de aproximadamente 22 horas, despegaron en la etapa de ascensión del Módulo Lunar, abandonando la etapa de descenso. Dejaron constancia de su visita en una placa de metal: "En este lugar dos hombres del planeta Tierra pisaron por primera vez



El primer norteamericano que orbitó la Tierra fue el coronel John Glenn, el 20 de febrero de 1962. Su cápsula Mercurio, junto con la torre de escape, pesaba 1.935 kg. y medía algo menos de 8 m. de largo. Glenn completó tres órbitas alrededor de la Tierra antes de amerizar en el Atlántico, a unos 338 km. al noroeste de San Juan, Puerto Rico. Existía el temor de que al entrar en la atmósfera el blindaje protector contra el calor de la cápsula pudiera separarse. Desde su ventanilla, Glenn veía pasar los trozos de desechos envueltos en llamas, con brillantes destellos de color naranja. En realidad, no se trataba del blindaje protector contra el calor sino del retrocohete, que al fallar los mecanismos para desecharlo, se había incendiado.

Aunque los cosmonautas soviéticos aterrizan normalmente en suelo soviético, tienen que estar preparados para realizar un aterrizaje de emergencia en el agua. Por ejemplo, los cosmonautas del Soyuz 23 cayeron en un descuido sobre un lago soviético. La fotografía muestra a Alexei Leonov durante una sesión de entrenamiento abordo de una cápsula Soyuz.

el suelo de la Luna, en julio de 1969 A.C. Hemos venido en misión de paz en nombre de toda la humanidad".

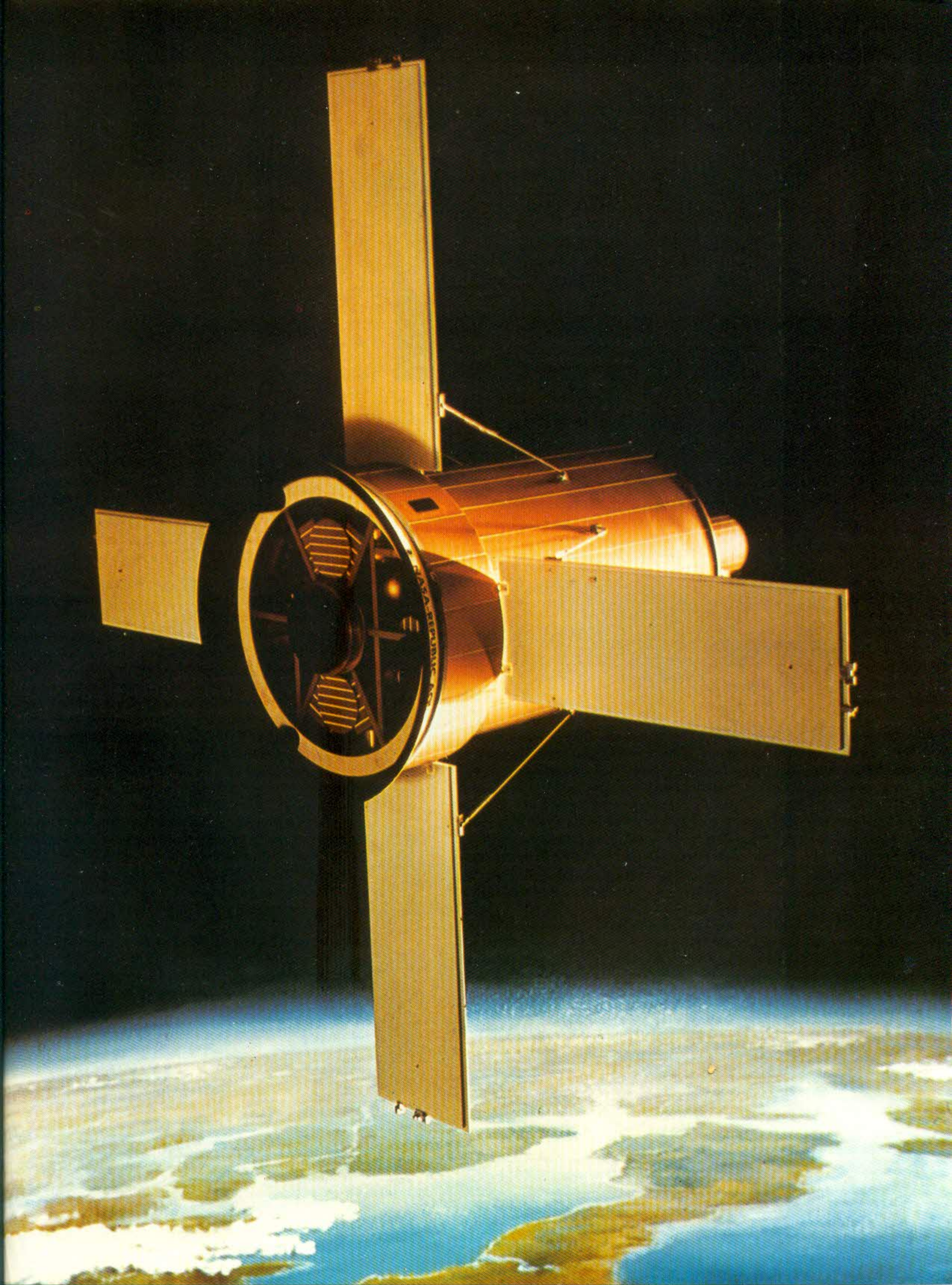
Hacia finales de 1972, otras cinco naves Apolo habían aterrizado y doce hombres habían dejado las huellas de sus pies sobre la Luna.

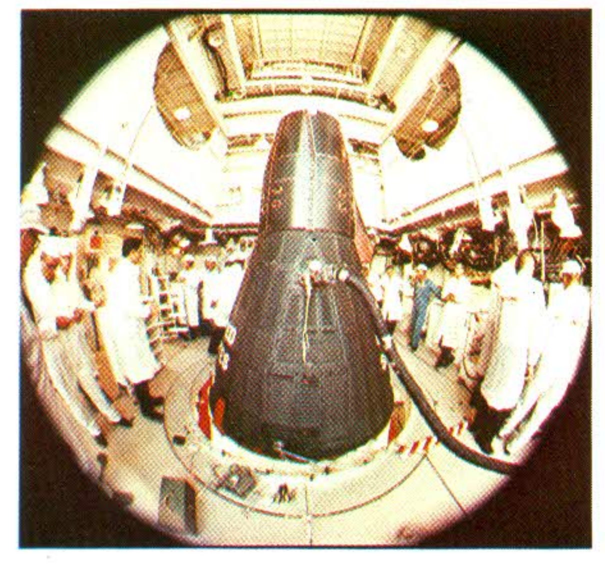
Las seis misiones recogieron un total de 380 kg. de roca y suelo lunar, desde suelo desmenuzado y rocas de superficie hasta muestras de sondeo de los *mare* (mares lunares) y las tierras altas. Las rocas de los mares resultaron ser relativamente ricas en titanio e hierro, mientras que en las tierras altas el aluminio era más abundante. Una muestra de suelo típica de la *Apolo 11* contenía: oxígeno (cuarenta por ciento), silicona (19,2 por ciento), hierro (14,3 por ciento), calcio (8,0 por ciento), titanio (5,9 por ciento), aluminio (5,6 por ciento) y magnesio (4,5 por ciento).

De las rocas recogidas en los primeros cuatro puntos de aterrizaje, ninguna tenía más de 4.200 millones de años ni menos de 3.100 millones de años. Los suelos eran más antiguos que las rocas, y su edad oscilaba entre los 4.500 o 4.600 millones de años. La edad del cráter Copérnico, establecida mediante el material hallado en sus "rayos", resultó ser de sólo unos 850 millones de años.

En la exploración de la superficie lunar se había invertido un total de 166 horas-hombre, en seis sitios diferentes, y los astronautas habían recorrido más de 96 km. Cinco Apollo Lunar Surface Experiment Packages (paquetes Apolo para experimentación en la superficie lunar), estaciones científicas dotadas de energía nuclear, continúan enviando información a la Tierra años después de la partida de los astronautas. Un total de 60 importantes experimentos científicos en el campo de la geología, geofísica, geoquímica y astrofísica fueron dejados en la Luna. Otros 34 se realizaron en órbita lunar por las naves de mando.

A la luz de este inconmesurable logro científico, es inevitable preguntarse qué sucedió con el desafío soviético. En 1968-69 los cosmonautas parecían estar a punto de realizar


NASA



Fotografía en "ojo de pez" de un grupo técnico preparando la nave espacial Géminis en la estructura de lanzamiento de Cabo Cañaveral. La nave espacial está colocada en el vehículo de lanzamiento Titan II. Esta nave espacial, tripulada por dos hombres, acortó rápidamente la supremacía rusa en el espacio, y condujo al Proyecto Apolo y, por tanto, a la Luna.

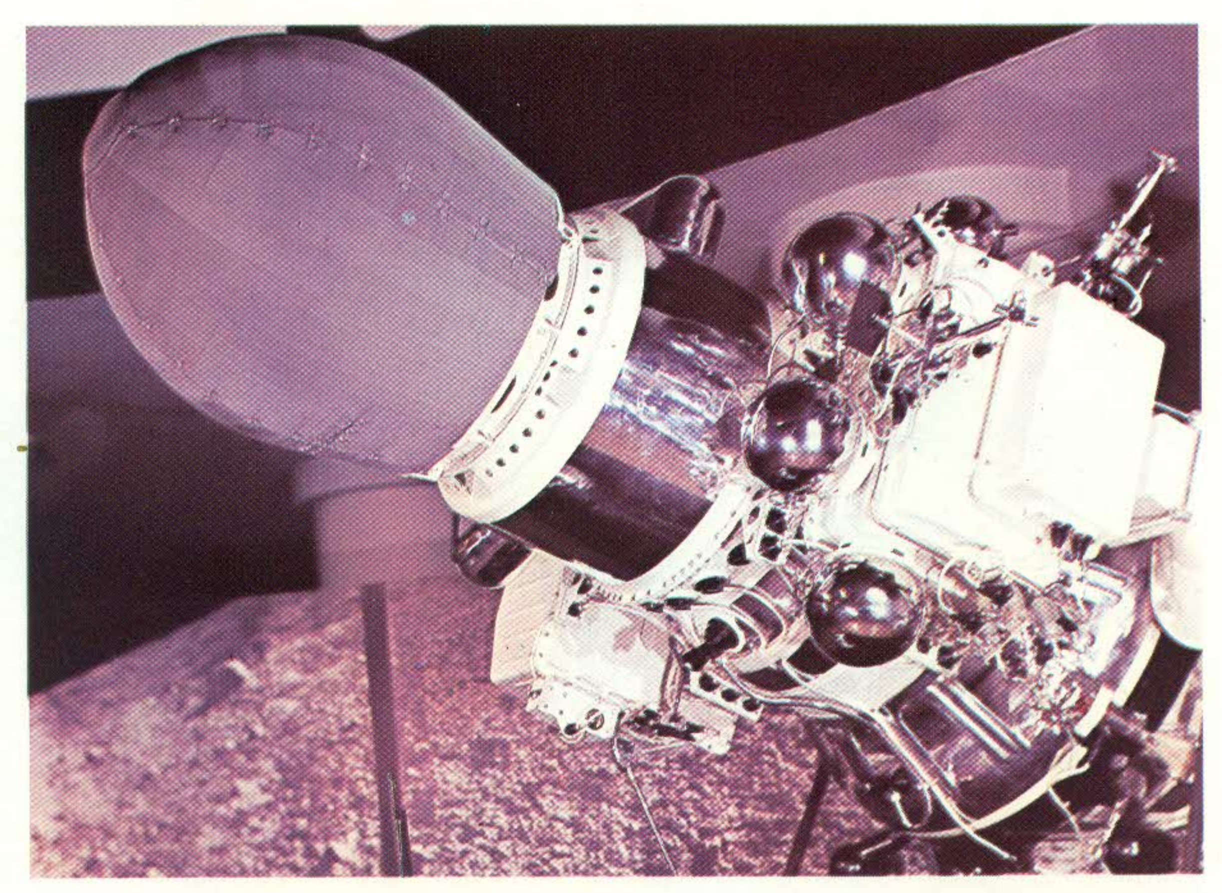
vuelos circunlunares. Acoplando módulos separados de naves espaciales en órbita, podrían incluso –finalmente– haber llegado a aterrizar en la Luna. Sin embargo, el inmenso éxito del programa Apolo, hizo que los planes soviéticos para vuelos tripulados a la Luna, si alguna vez existieron quedaran en suspenso, y los esfuerzos se concentraron en el perfeccionamiento de los dispositivos automáticos para recoger muestras lunares, capaces de aterrizar, recoger muestras de roca y de suelo y traerlos de regreso a la Tierra. Incluso mientras los astronautas de la *Apolo 11* estaban preparándose para el aterrizaje, una nave espacial robot, la *Luna 15*, era maniobrada en órbita lunar por control remoto desde una estación terrestre en la URSS. Se especuló con la posibilidad de que se tratase de un intento por obtener una muestra lunar y llevarla de regreso a la Tierra, con el único fin de robarle protagonismo a la Apolo. La sonda se estrelló contra la superficie lunar.

En septiembre de 1970, el *Luna 16* realizó un aterrizaje suave, perforó 35 cm. en la superficie de la Luna; cogió una muestra de 100 gramos, que transfirió a una cápsula, y la hizo despegar de regreso a la URSS. Dos meses después, el *Luna 17* consiguió hacer aterrizar un vehículo explorador Lunokhod, cuyos desplazamientos sobre la superficie lunar eran dirigidos desde la URSS por control de radio remoto.

Sondeos interplanetarios

En los Estados Unidos se desarrollaron métodos similares para la exploración robot. Habiendo obtenido la victoria en la "Carrera lunar", el Congreso americano no vio con buenos ojos el proyecto de nuevos viajes tripulados como

La cápsula Géminis era de forma acampanada, similar a la Mercurio, con un blindaje contra el calor que la protegía de las altas temperaturas de fricción que la gran velocidad ocasiona al entrar nuevamente en contacto con la atmósfera. El extremo pequeño alojaba los paracaídas de descenso. El aterrizaje se realizaría en el mar, a pesar de lo cual la cápsula estaba construida como para resistir un accidental aterrizaje sobre tierra firme.

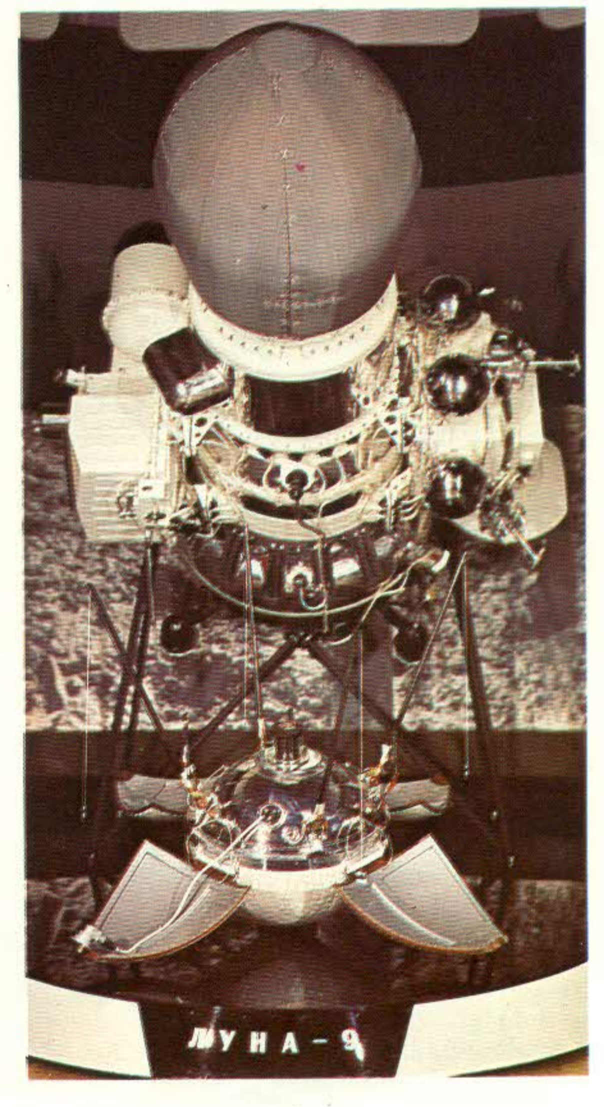


La primera nave espacial sin tripulación que aterrizó en la Luna y envió a la Tierra imágenes de televisión fue la Luna IX. Después de ser impulsada por un retrocohete, la cápsula en forma de huevo se separó de la nave matriz, rebotando y rodando por la superficie lunar. Al abrirse unas cubiertas en forma de pétalo, la nave consiguió mantenerse erguida, dejando al descubierto una pequeña cámara de televisión y algunos instrumentos de investigación. Este suave aterrizaje con éxito tuvo lugar el 3 de febrero de 1966.

una prioridad nacional y la nefasta guerra de Vietnam comenzó a concitar su atención. También fueron abandonados todos los proyectos relativos al envío de astronautas a Marte.

En cambio, las investigaciones se orientaron hacia el desarrollo de un creciente número de ingeniosos vehículos automáticos para explorar con más profundidad el Sistema Solar. Construidos con una pequeña cantidad del presupuesto de las naves espaciales tripuladas, estos vehículos podían enviarse a lugares a los que el hombre jamás se atrevería a llegar: podían adentrarse en la agobiante atmósfera de Venus, por ejemplo, y a través de los cinturones intensamente radiactivos de Júpiter.

En 1962 los Estados Unidos ya habían hecho volar al *Mariner 2* por las proximidades de Venus y habían investigado el planeta con instrumentos que indicaron que las temperaturas de su superficie sobrepasaban el punto de fusión del plomo. Posteriormente la URSS lanzó cápsulas instrumentales en paracaídas a través de la densa atmósfera de anhídrido carbónico del planeta, y se demostró que la presión de su superficie era de entre 90 y 100 veces superior a la de la Tierra. La competencia entre la URSS y los Estados Unidos era más acentuada en cuanto al descubrimiento de los secretos de Marte y ambos países llevaban a cabo vuelos de inspección y misiones orbitales. La nave espacial *Mariner 9*, de los Estados Unidos, se convirtió el 13 de noviembre de 1971 en el primer satélite artificial del Planeta Rojo, mientras en la superficie de Marte arreciaba una tormenta de polvo. Al cesar la misma, el *Mariner 9*, explorando desde su órbita, descubrió enormes volcanes, cañones y formas semejantes a

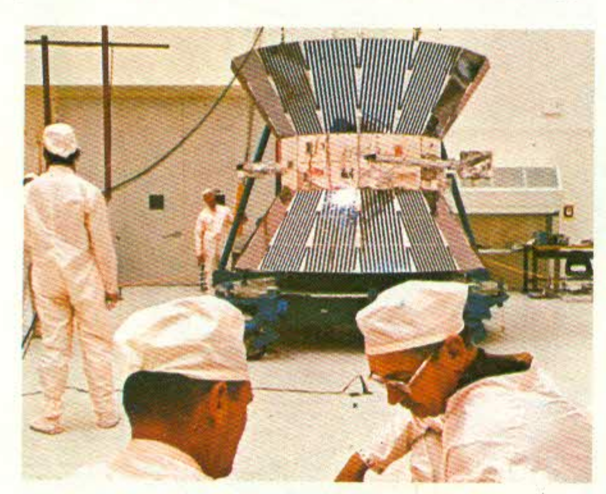


antiguos lechos de río secos.

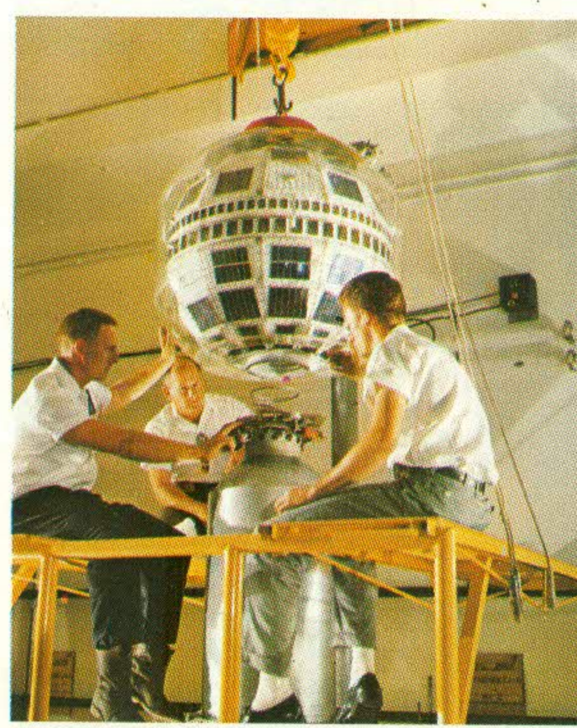
En esos momentos la URSS intentaba hacer aterrizar cápsulas instrumentales. La primera de ellas fue destruida por el impacto; la segunda cayó en la región entre Electrisand y Phaethontis (aproximadamente 48 grados Sur, 158 grados Oeste), pero falló en el instante en que comenzaba a enviar las primeras imágenes.

En 1974 el *Mariner 10*, en su viaje hasta Mercurio, pasó cerca de Venus, mostrando por

Derecha: El 12 de abril de 1961, el cosmonauta soviético Yuri Gagarin pasó al grupo de los inmortales en la historia de la aviación, orbitando la tierra en el Vostok I.



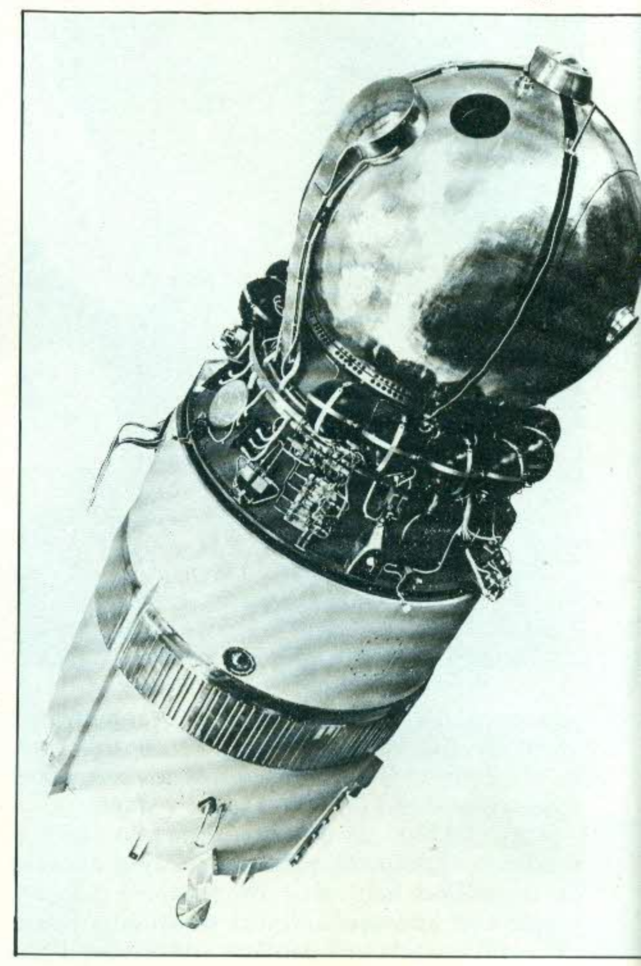
El Helios I, producido en Alemania Federal, fue lanzado por un Titan Centaur desde Cabo Cañaveral en diciembre de 1974.

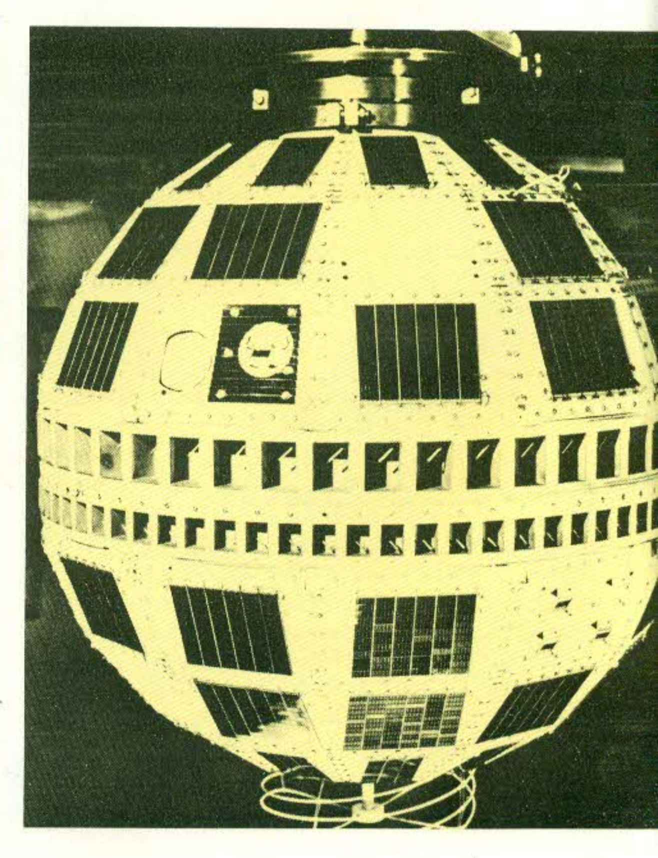


Dos fotografías del satélite Telstar I de 77 kg, hizo posible por primera vez el intercambio televisivo entre Estados Unidos y Europa, en verano de 1962.

vez primera que el diminuto planeta próximo al Sol poseía una superficie cubierta de cráteres semejantes a los de la Luna, así como valles y montañas.

Antes de separarse para seguir trayectorias diferentes, los *Pioneer 10* y *11* volaron alrededor del gigantesco planeta Júpiter. Está previsto que el *Pioneer 10* abandone el Sistema Solar en 1987; el *Pioneer 11* se dirigió hacia Saturno, el planeta de los anillos, lo alcanzó en 1979, mostrando la composición de estos. Según los cálculos y la distinta alineación entre ellos, se cree que el *Pioneer 10* llegará a las proximidades de la estrella Aldebaran, en la constelación de Taurus, al cabo de 1.700.000 años. Ambas sondas transportan saludos pictóricos para recibir a acualquier inteligencia extraterrestre que puedan encontrar a su paso en el futuro remoto, mediante los cuales podrán transmitir información acerca de quiénes las han enviado, de su planeta de origen, la Tierra, y de





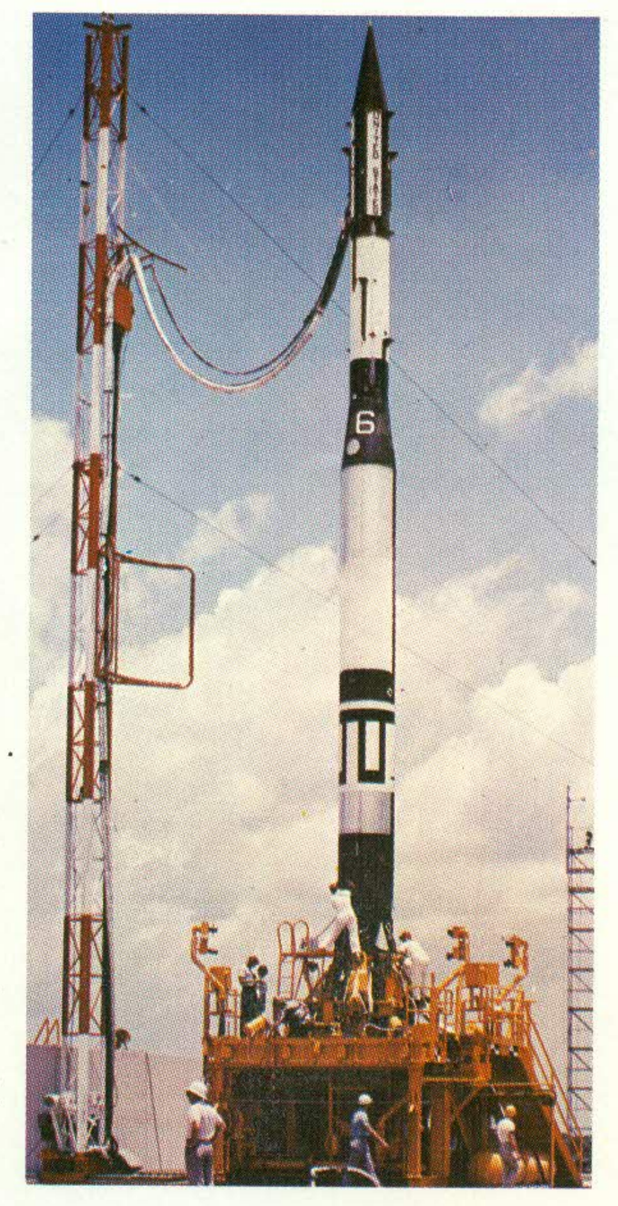
su posición en la Galaxia.

En 1973, la URSS volvió a lanzar una nave espacial con rumbo a Marte, utilizando al poderoso cohete Proton D-I-e y sondas espaciales de una nueva generación, las *Marte 4, 5* y *6*. Los resultados obtenidos fueron desalentadores. Una de las naves alcanzó la órbita de Marte; las otras siguieron de largo, una de ellas inintencionadamente al fallar el encendido de su motor de frenado. No obstante, el mayor revés fue la pérdida de las dos cápsulas de aterrizaje enviadas por las naves matrices *Marte 6* y *7* al aproximarse al planeta.

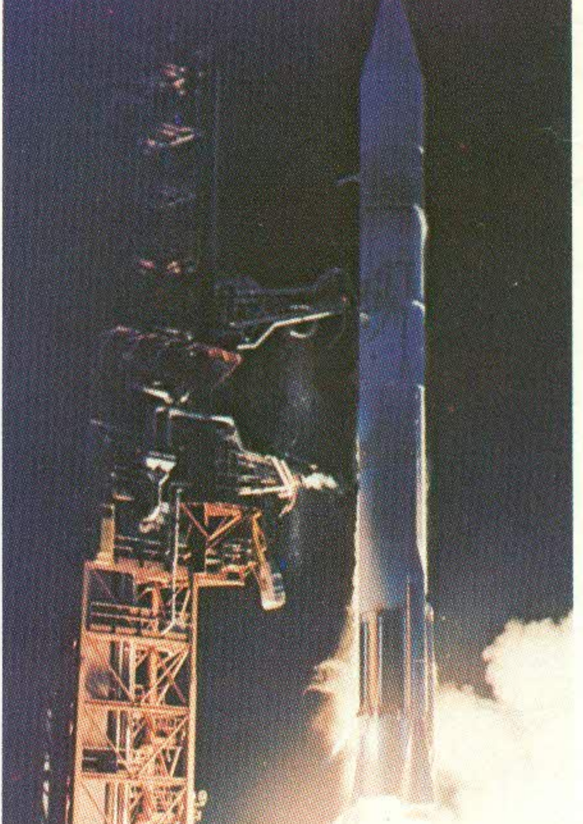
La URSS no se dio por vencida a pesar de estas costosas derrotas, y en noviembre de 1975, dos enormes naves espaciales automáticas lograron hacer aterrizar cápsulas en Venus y seguir luego en órbita. Las cápsulas de la *Venera 9* se zambulleron en la atmósfera del planeta a una velocidad de 10,7 km/seg. y en ángulo de 20 grados. Cuando la velocidad hubo disminuido a 250 m/seg., la sonda se despojó de sus cubiertas protectoras en forma de caparazón y abrió un paracaídas. Después de flotar hasta una altura de 50 km. de la superficie, el paracaídas se separó y la cápsula se deslizó por la atmósfera, cada vez más densa, mediante un freno de resistencia al avance en forma de disco. La cápsula tocó la superficie a una velocidad de 7-8 m/seg. y el impacto del aterrizaje fue absorbido por un anillo de metal arrugable. La sonda transmitió información durante 53 minutos, a través de su nave matriz orbitante, incluyendo las primeras imágenes que mostraron el aspecto de la superficie de Venus.

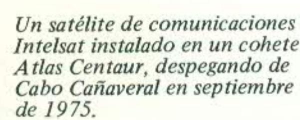
En las imágenes se apreciaba claramente una superficie llana y salpicada de afiladas rocas de entre 30 y 40 cm., que podrían haber tenido origen volcánico. En la superficie, la presión atmosférica era de aproximadamente 90 atmósferas, y la temperatura de 485 °C.

La cápsula liberada por la *Venera 10* descendió a unos 2.200 km. del lugar del primer "aterrizaje", transmitiendo durante 65 minutos y enviando una imagen que mostraba afloramientos de roca entre detritos de piedra. Allí

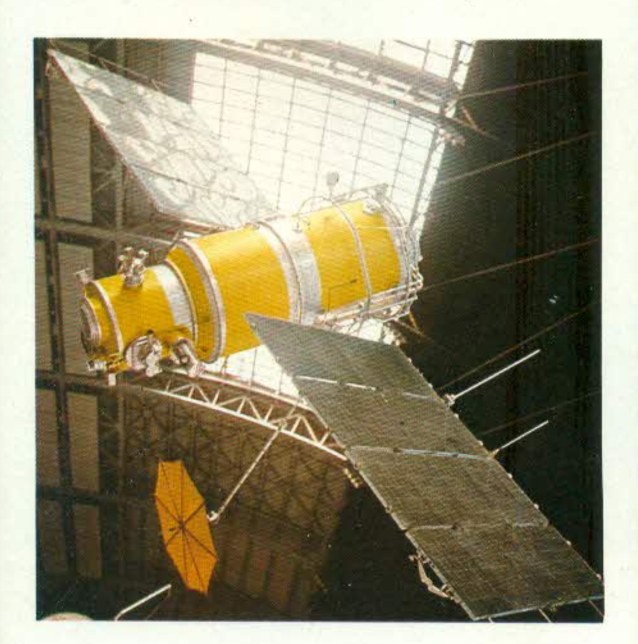


Un cohete Vanguard listo para el lanzamiento desde Cabo Cañaveral, junio de 1959.

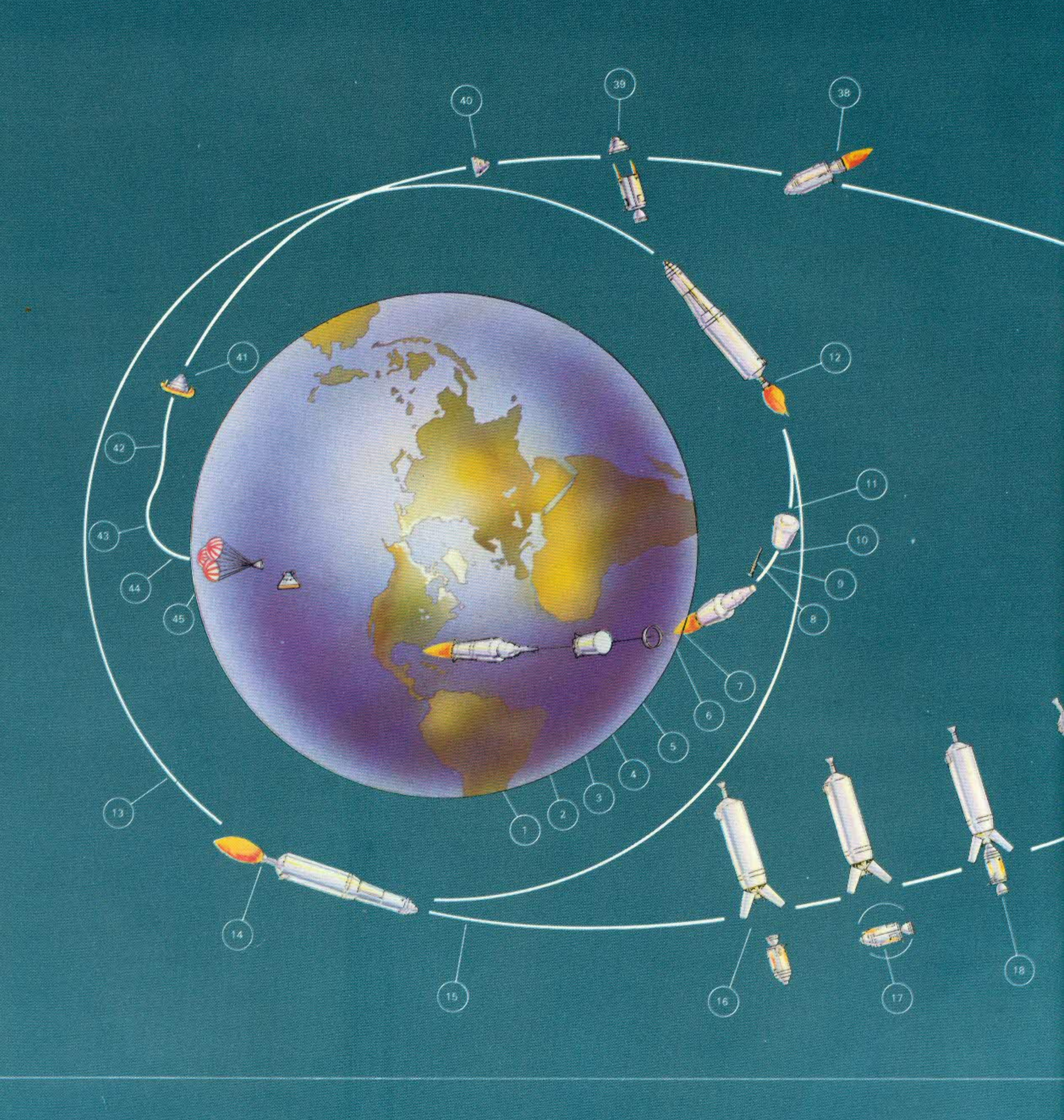




Un satélite de comunicaciones Intelsat instalado en un cohete Atlas Centaur, despegando de Cabo Cañaveral en septiembre de 1975.

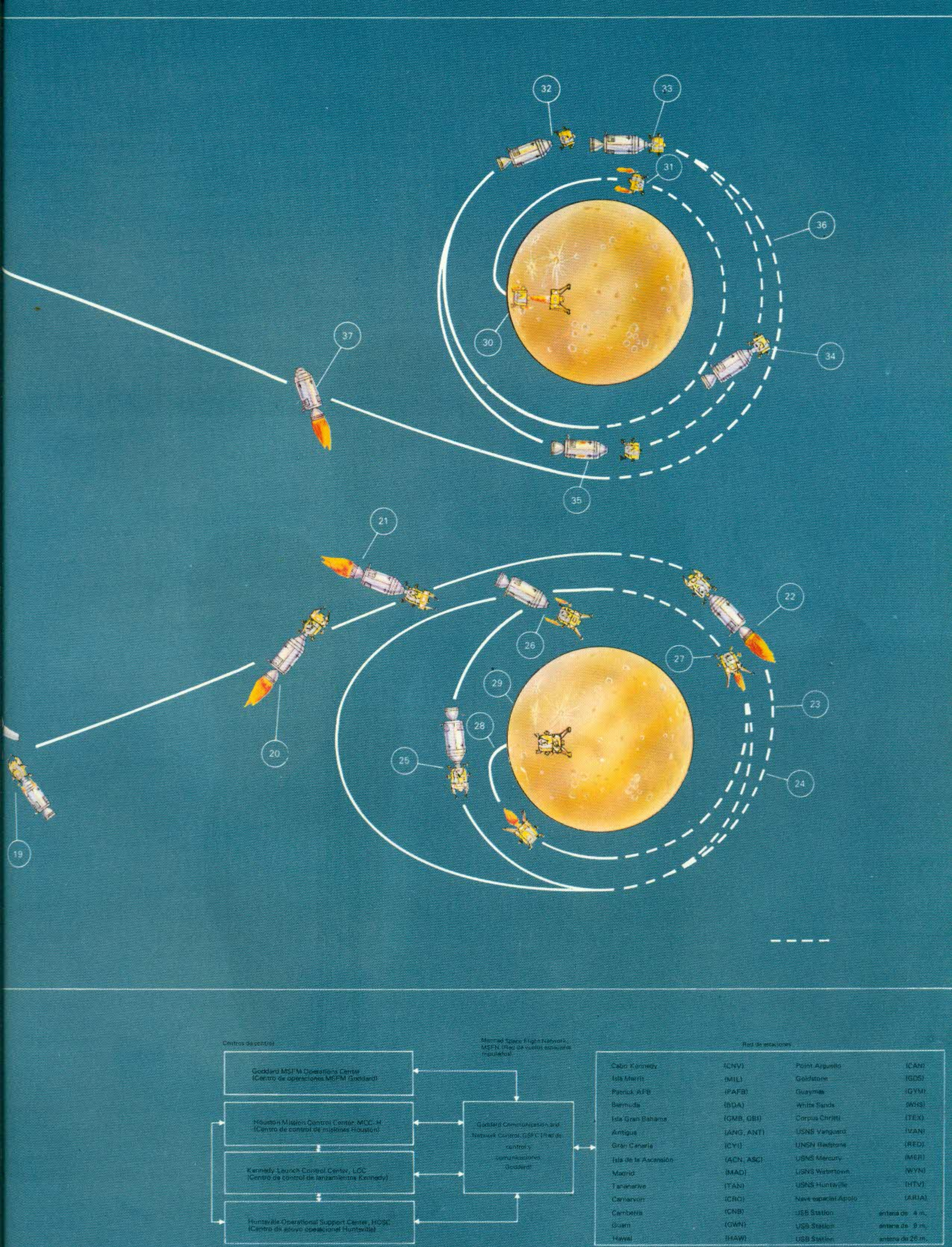


Izquierda:
Los satélites soviéticos Meteor (el primero de ellos fue lanzado en marzo de 1969) fotografían la capa de nubes de la Tierra día y noche, registrando todos los cambios que ésta experimenta.



LA MISION ESPACIAL APOLO

1 encendido de los motores del S-1C
2 despegue
3 vuelo propulsado S-1C
4 apagado de los motores S-1C
5 separación S-1C/S-11
6 encendido de los motores S-11
7 desprendimiento interetapa S-1C/S-11
8 desprendimiento de la torre de escape y lanzamiento
9 vuelo propulsado S-11
10 cierre de los motores S-11
11 separación S-11/S-1VB
12 encendido del motor S-1VB
13 decisión "GO" (adelante) del impulso translunar
14 encendido del motor S-1VB
15 impulso translunar
16 CSM se separa del adaptador LM
17 giro de 180º del CSM (Command Ship Module, Módulo de mando)
18 acoplamiento del CSM con el LM/S-1VB (LM, Lunar Module)
19 separación CSM/LM del S-1VB, desprendimiento del S-1VB
20 encendido del motor SM
21 encendido del motor SM
22 el motor SM encendido se coloca en órbita lunar
23 entrada en órbita lunar
24 comienza la evaluación de la órbita lunar
25 el piloto pasa al LM
26 separación CSM/LM
27 encendido del motor de descenso del LM
28 descenso del LM
29 aterrizaje
30 despegue
31 encendido LM-RCS
32 reunión
33 acoplamiento inicial CSM/LM
34 paso de equipos y tripulación, del LM al CSM
35 separación CSM/LM y descarte LM
36 impulso transterrestre
37 encendido del motor SM
38 encendido del motor SM
39 separación CM/SM
40 orientación del CM para el reingreso
41 penetración a 122.000 m. de altitud
42 período sin comunicaciones
43 61.000 m. de altitud
44 76.200 m. de altitud
45 apertura del paracaídas principal a 3.000 m.



19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
Centros de control
Goddard MSFM Operations Centre
(Centro de operaciones MSFM Goddard)
Houston Mission Control Center, MCC-H
(Centro de control de misiones Houston)
Kennedy Launch Control Center, LCC
(Centro de control de lanzamientos Kennedy)
Huntsville Operational Support Center, HOSC
(Centro de apoyo operacional Huntsville)
Manned Space Flight Network, MSFN (Red de vuelos espaciales tripulados)
Goddard Communication and Network Control, GSFC (Red de control y comunicaciones Goddard)
Red de estaciones
Cabo Kennedy (CNV)
Isla Merritt (MIL)
Patrick AFB (PAFB)
Bermuda (BDA)
Isla Gran Bahama (GMB, GBI)
Antigua (ANG, ANT)
Gran Canaria (CYI)
Isla de la Ascensión (ACN, ASC)
Madrid (MAD)
Tananarive (TAN)
Carnarvon (CRO)
Canberra (CNB)
Guam (GWN)
Hawai (HAW)
Point Arguello (CAN)
Goldstone (GDS)
Guaymas (GYM)
White Sands (WHS)
Corpus Christi (TEX)
USNS Vanguard (VAN)
UNSN Redstone (RED)
USNS Mercury (MER)
USNS Watertown (WYN)
USNS Huntsville (HTV)
Nave espacial Apolo (ARIA)
USB Station antena de 4 m.
USB Station antena de 9 m.
USB Station antena de 26 m.

Antena telemétrica

Sistema de nutación

Antena de
omunicaciones

Compartimento del equipo
electrónico

Paneles solares

Baterías

Sensores
terrestres/solares

Unidad de
transmisión de
potencia

Cuatro depósitos para el
sistema de orientación

Motor de apogeo

Diez años después del lanzamiento del Telstar, satélites como el Intelsat 4A de 6,7 metros de altura, han establecido órbitas geoestacionarias de 35.880 km. sobre el Pacífico, Atlántico e Indico.

Página siguiente: Foto infrarroja tomada por el Apollo 7 y muestra parte de la India, Nepal, el Tibet y el Himalaya. Asimismo, ha captado diversas formaciones nubosas.

la atmósfera era de 92 atmósferas, lo que indicó que la nave podría haber caído en una región más baja.

Dos años más tarde, los Estados Unidos pusieron dos naves espaciales Viking en órbita alrededor de Marte, el 19 de junio y 7 de agosto de 1976, respectivamente. La primera de ellas liberó su nave de aterrizaje en las secas planicies de Chryse Planitia el 20 de julio, siete años después de la fecha de que el hombre caminara por primera vez en la Luna. Las fotografías recibidas en la Tierra mostraron un puñado de rocas; la superficie se veía de un color marrón rojizo y el cielo tenía un matiz rosado. La diluída atmósfera de anhídrido carbónico tenía una presión de 7,69 milibares.

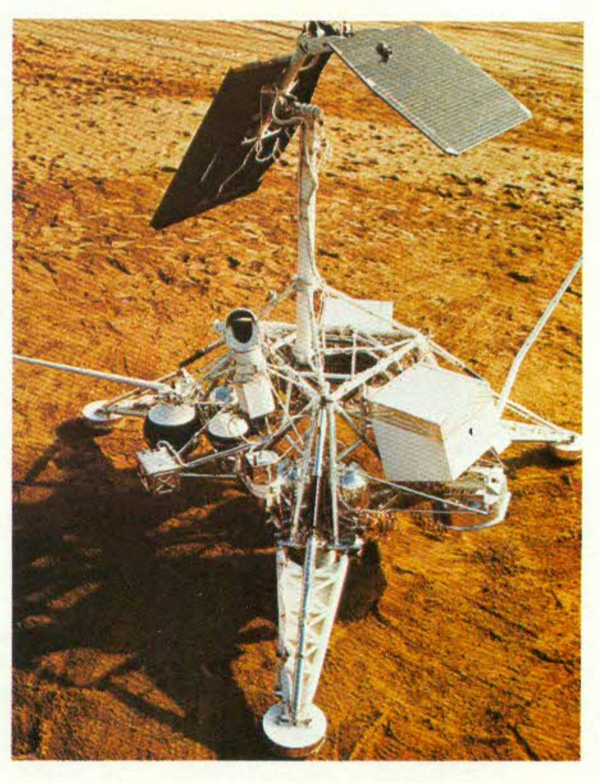
El 3 de septiembre de 1976, el Lander del Viking 2 se posó en Utopia Planitia, unos 200 km. al oeste del cráter *Mie*, cuyo diámetro es de aproximadamente 100 km. Se cree que algunas de las rocas de las imágenes provienen de este cráter.

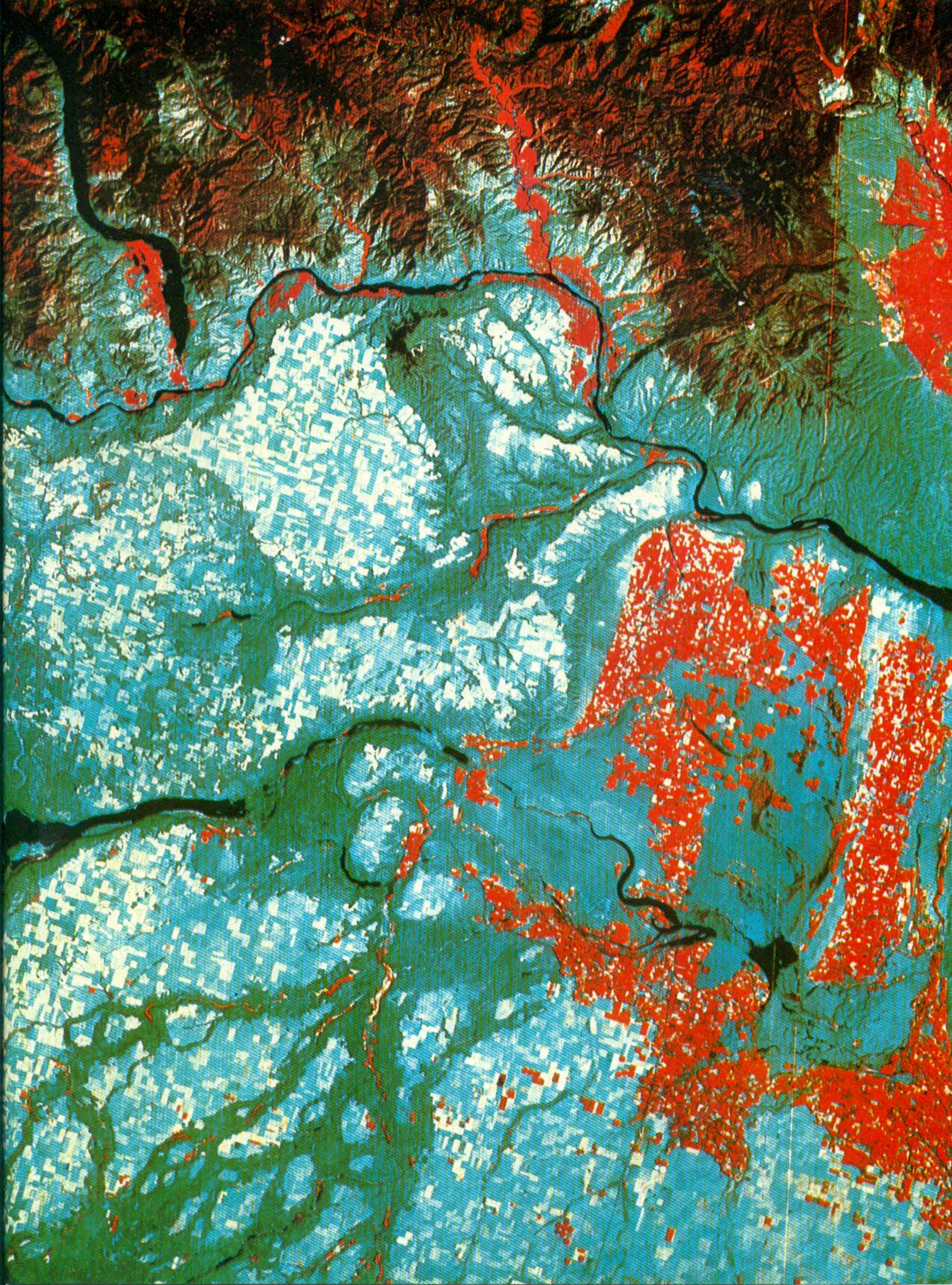
En una serie de experimentos que alcanzaron notable éxito, ambos robots Lander extrajeron con palas muestras del suelo marciano y las trasladaron para su análisis automático a un laboratorio biológico instalado abordo a tales efectos. Los resultados de estas pruebas demostraron que los principales componentes del suelo marciano eran hierro, calcio, silicona, titanio y aluminio. El hecho que aún continúa sin respuesta es si las reacciones de las muestras de suelo tratadas constituyen una evidencia de algún tipo de actividad biológica o química. Los resultados indicaron la existencia en el suelo de una sorprendente cantidad de agua y oxígeno, pero no hubo ninguna evidencia contundente de material orgánico.

Mientras tanto, los Viking Orbitales habían llevado a cabo extensos reconocimientos fotográficos de la superficie, valiéndose de dos cámaras de gran resolución que proporcionaron espectaculares detalles de los antiguos lechos de río, del cañón ecuatorial y de los cascos polares. Las mediciones de temperatura revelaron que, contrariamente a lo que se esperaba, los cascos polares consistían fundamentalmente en hielo de agua y no de hielo seco (CO_2 congelado).

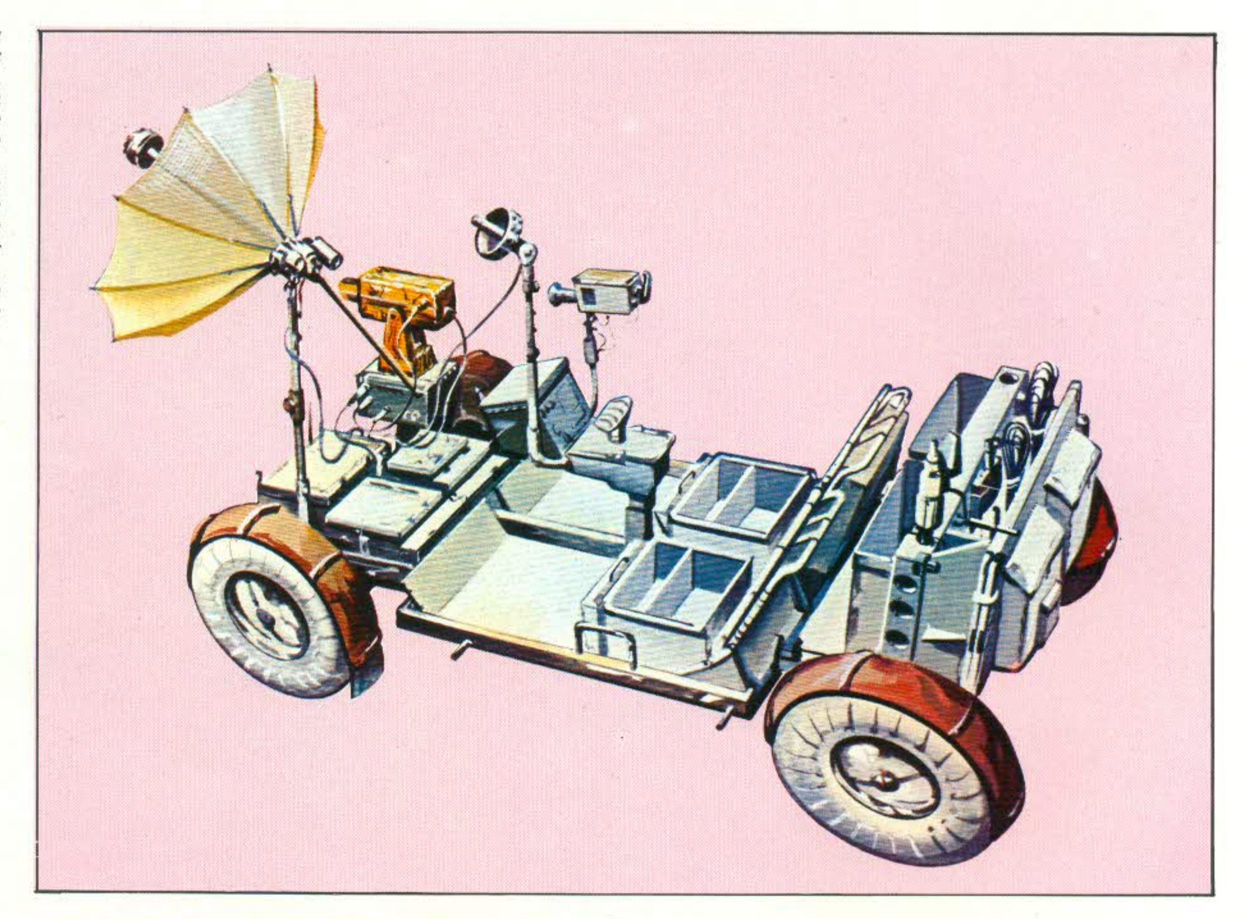
Satélites terrestres

Los resultados de las investigaciones sobre astronomía del espacio profundo, llevadas a cabo desde satélites terrestres sin tripulación y estaciones espaciales tripuladas, han sido, asimismo, sumamente excitantes. Orbitando sobre la nebulosa y turbulenta atmósfera de la Tierra, han abierto un "nuevo" universo al que antes estábamos prácticamente ciegos, un universo de fantástico alcance espectral que se

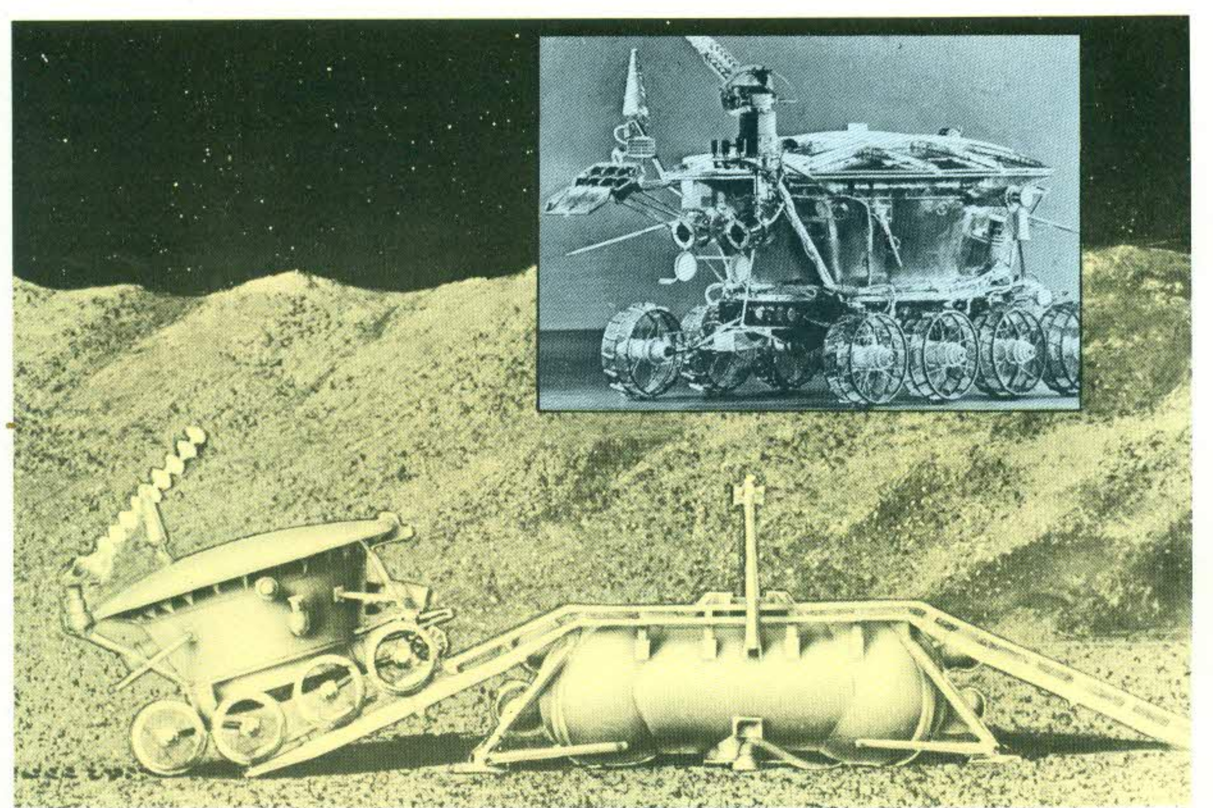




Las tres últimas misiones Apolo a la Luna transportaron vehículos exploradores lunares, eléctricos, que los astronautas sacaban plegados de la bodega de almacenamiento situada en la base del Módulo Lunar. Los "cohetes lunares" aumentaron notablemente el radio de exploración, permitiendo que los astronautas tomaran una mayor variedad de muestras lunares, que luego habrían de ser objeto de estudio de los mejores científicos de centros de todo el mundo.



La cápsula Venera 7, que se posó en Venus en diciembre de 1970.

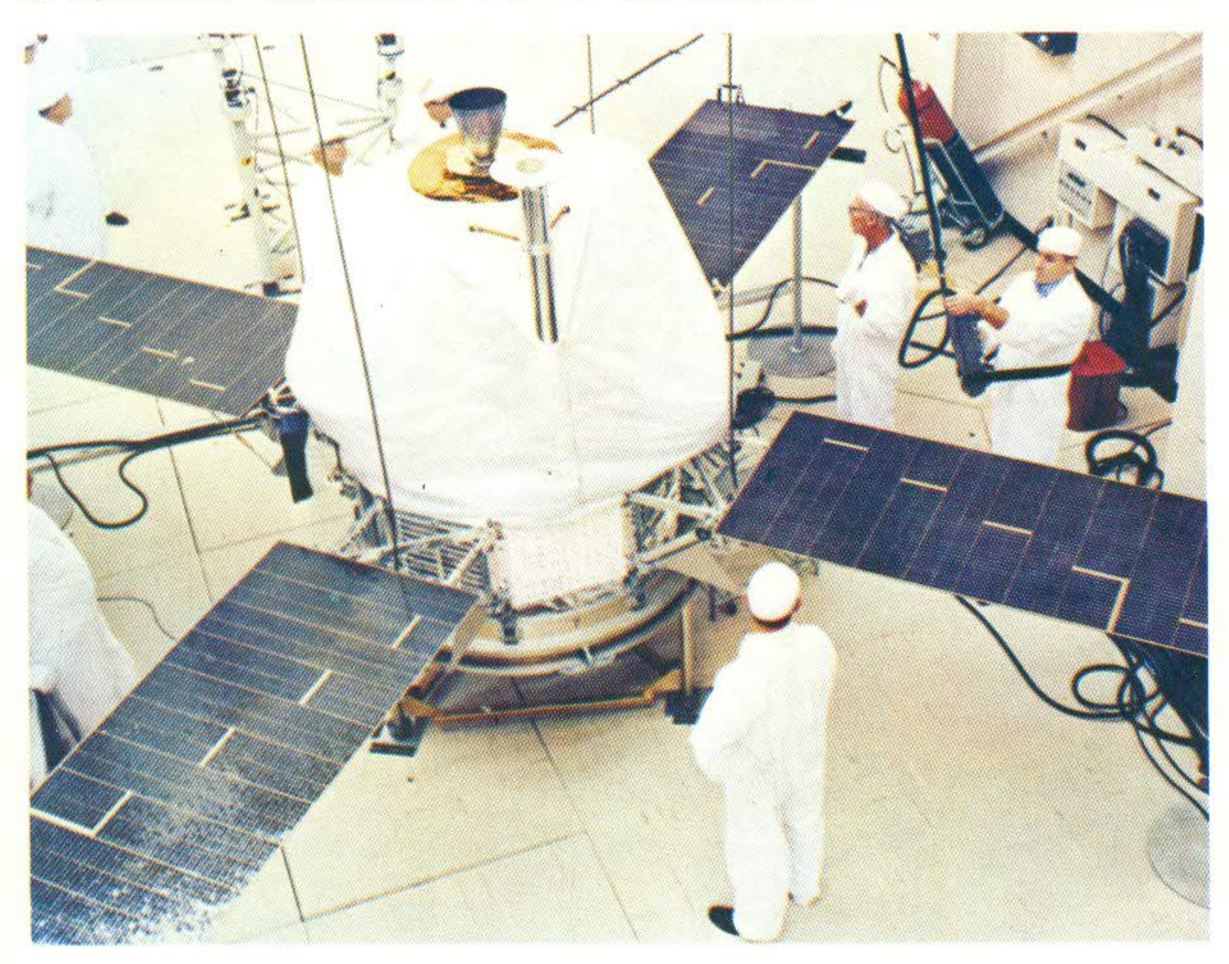


Inserto:
El Lunokhod parecía un ingenio producido por la fantasía de Julio Verne. En realidad, se trataba de un robot eléctrico de gran funcinalidad, con "ojos" de televisión que enviaban imágenes a una estación de control soviética. Cuando las baterías debían ser recargadas, la tapa se abría y dejaba en exposición unas células solares que generaban electricidad a partir de la luz del sol. A lo largo de su prolongada vida lunar, este vehículo fue dirigido con éxito desde la Tierra.

En noviembre de 1970 el transporte Luna 17 hizo aterrizar al Lunokhod 1 en el Mar de las Lluvias. Después de bajar por las rampas, mediante control remoto desde la Tierra fue guiado durante una serie de jornadas de navegación que duraron 322 días terrestres. Los soviéticos aseguran que viajó a través de una distancia de 10.542 m., enviando a la Tierra imágenes de televisión e información específica, y subiendo pendientes de hasta 30 grados en el Mare Ibrium.

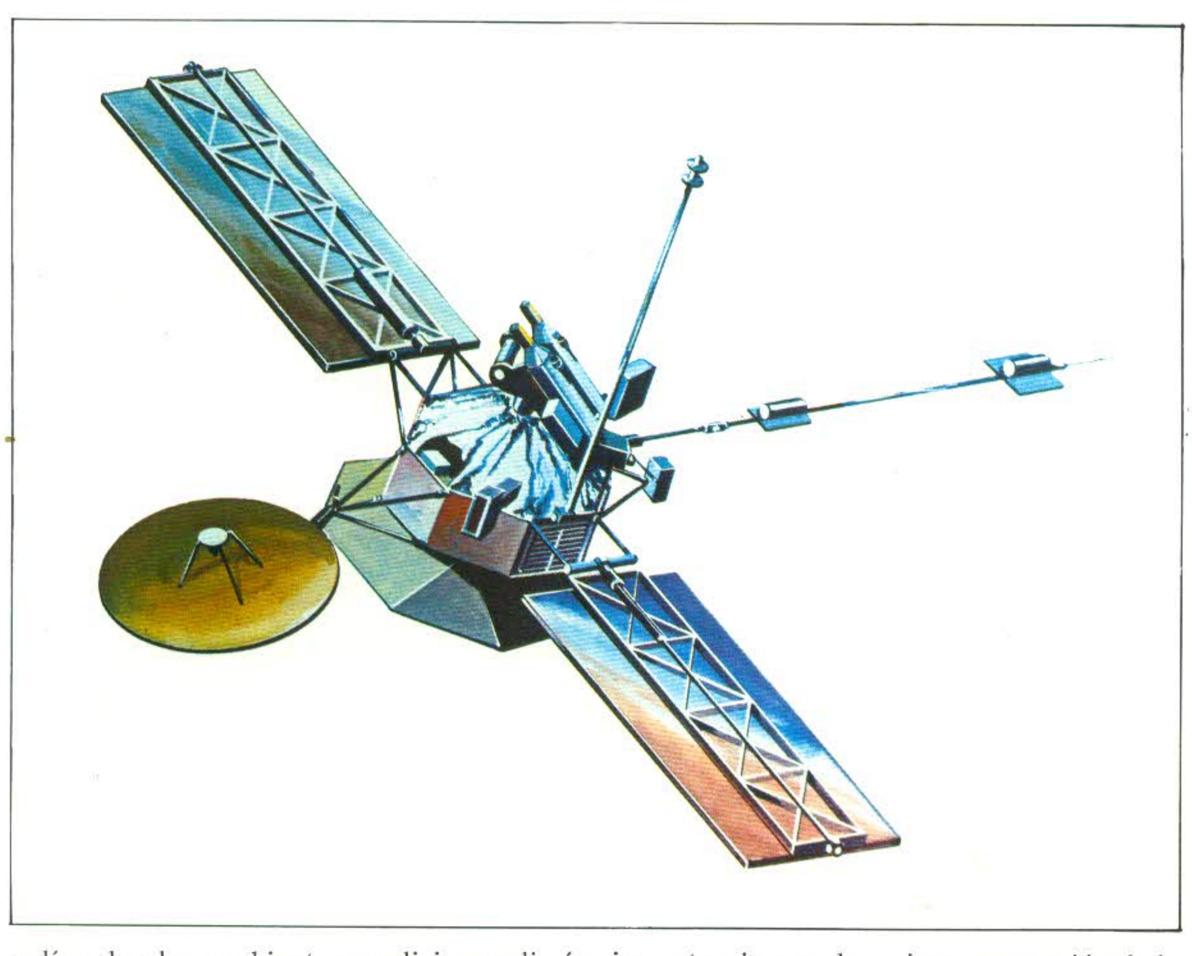
extiende mucho más allá de la luz visible y las ondas de radio, hasta los rayos X, ultravioleta y rayos gamma. Los astrónomos han comenzado a realizar descubrimientos fundamentales acerca de supernovas (estrellas explosivas), pulsars (estrellas pulsantes), neutrons (estrellas superdensas), "agujeros negros" y quasars (objetos cuasi-estelares). También han sido objeto de estudio constante el efecto de las condiciones cambiantes del Sol sobre el medio ambiente de la Tierra.

Todo el trabajo no se realiza exclusivamente en nombre de la ciencia pura. Los satélites meteorológicos nos mantienen informados día



El Mariner 9, de un peso de 1.031 kg., fue el primer satélite que llegó a Marte, el 13 de noviembre de 1971.





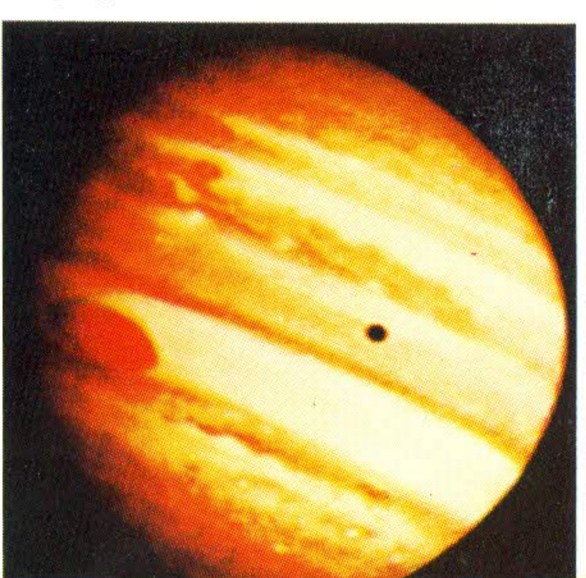
El Mariner 10, perteneciente a los Estados Unidos, realizó durante 1973-75 un viaje por los planetas interiores. Después de tomar fotografías de la Tierra y de la Luna, pasó por Venus y por Mercurio, el diminuto planeta que se halla más próximo al Sol. Se descubrió que el paisaje de Mercurio es similar al de la Luna, con cráteres, montañas y valles y que también posee un campo magnético característico. Con anterioridad, los lanzamientos de la brillante serie Mariner ya habían permitido acceder a los secretos de Marte.

a día sobre las cambiantes condiciones climáticas del mundo, y nos avisan anticipadamente sobre la existencia de tormentas destructivas, como por ejemplo huracanes y tifones. Algunos ejemplos de los primeros satélites de esta naturaleza son el Tiros y el Nimbus (pertenecientes a los Estados Unidos) y el Meteor (perteneciente a la Unión Soviética). Estos satélites envían imágenes televisivas de las capas de nubes, hielo y nieve de las caras diurna y nocturna de la Tierra, y también suministran información relativa a la energía térmica reflejada y emitida por la Tierra y su atmósfera, de suma importancia para la mejor comprensión de las condiciones meteorológicas.

Paralelamente, las superpotencias no han perdido el tiempo en cuanto a la explotación del potencial militar del espacio, valiéndose en especial de la utilización de satélites de reconocimiento fotográfico y de satélites capaces de dar aviso anticipado de un ataque con misiles.

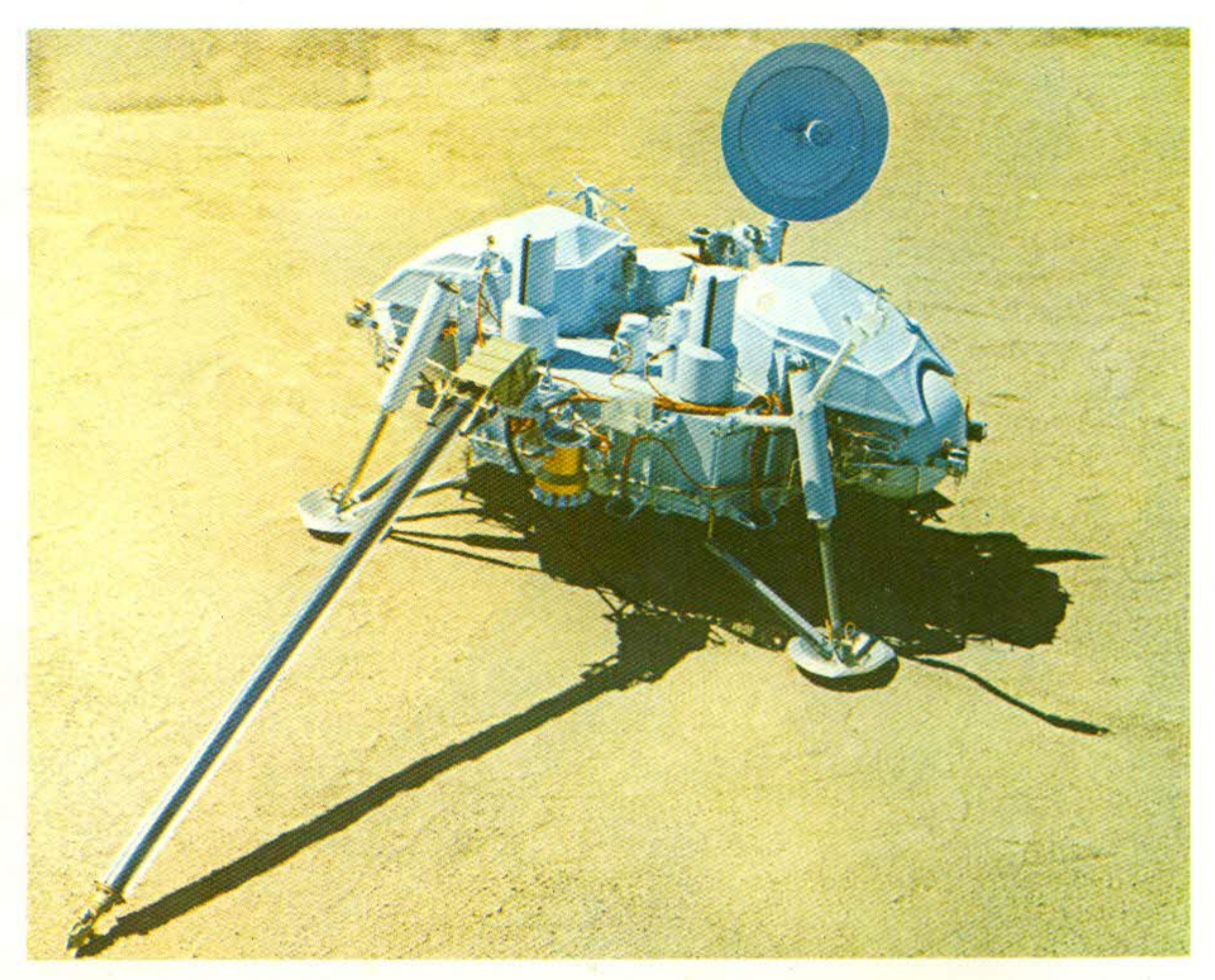
Los satélites terrestres también se han convertido en "estrellas de radio", para colaborar en la navegación precisa de barcos y aviones en todo tipo de condiciones meteorológicas, y se han establecido redes de satélites militares para mantener comunicaciones fiables y sin disminución de la sonoridad con los buques. Las misiones *Elint* (de inteligencia electrónica) también se llevan a cabo desde órbita, con satélites que "escuchan" a los radares y medios de comunicación de defensa, registrando sus códigos y sus frecuencias.

Izquierda:
El Pioneer 10 obtuvo las primeras fotografías cercanas de Júpiter en diciembre de 1973.



El gigantesco Júpiter, fotografiado desde 2.500.000 km. por el Pioneer 10.

En 1976 los Estados Unidos obtuvieron un éxito rotundo al hacer aterrizar en Marte dos sondas robots Viking. La primera de ellas aterrizó el 20 de julio en la Planitia Chryse, y el segundo lo hizo el 3 de septiembre en Planitia Utopia. Ambos recogieron muestras del rojizo suelo marciano mediante una pala mecánica, y también realizaron su análisis. A pesar de que se originaron fuertes reacciones químicas, no se observó ninguna señal positiva de ninguna forma de vida, ya sea vegetal o animal.





El Tiros 3, un satélite meteorológico norteamericano, se utilizó para transmitir imágenes de la capa de nubes y del terreno de la Tierra, para contribuir a la investigación meteorológica y a la comprensión de los fenómenos climatológicos.

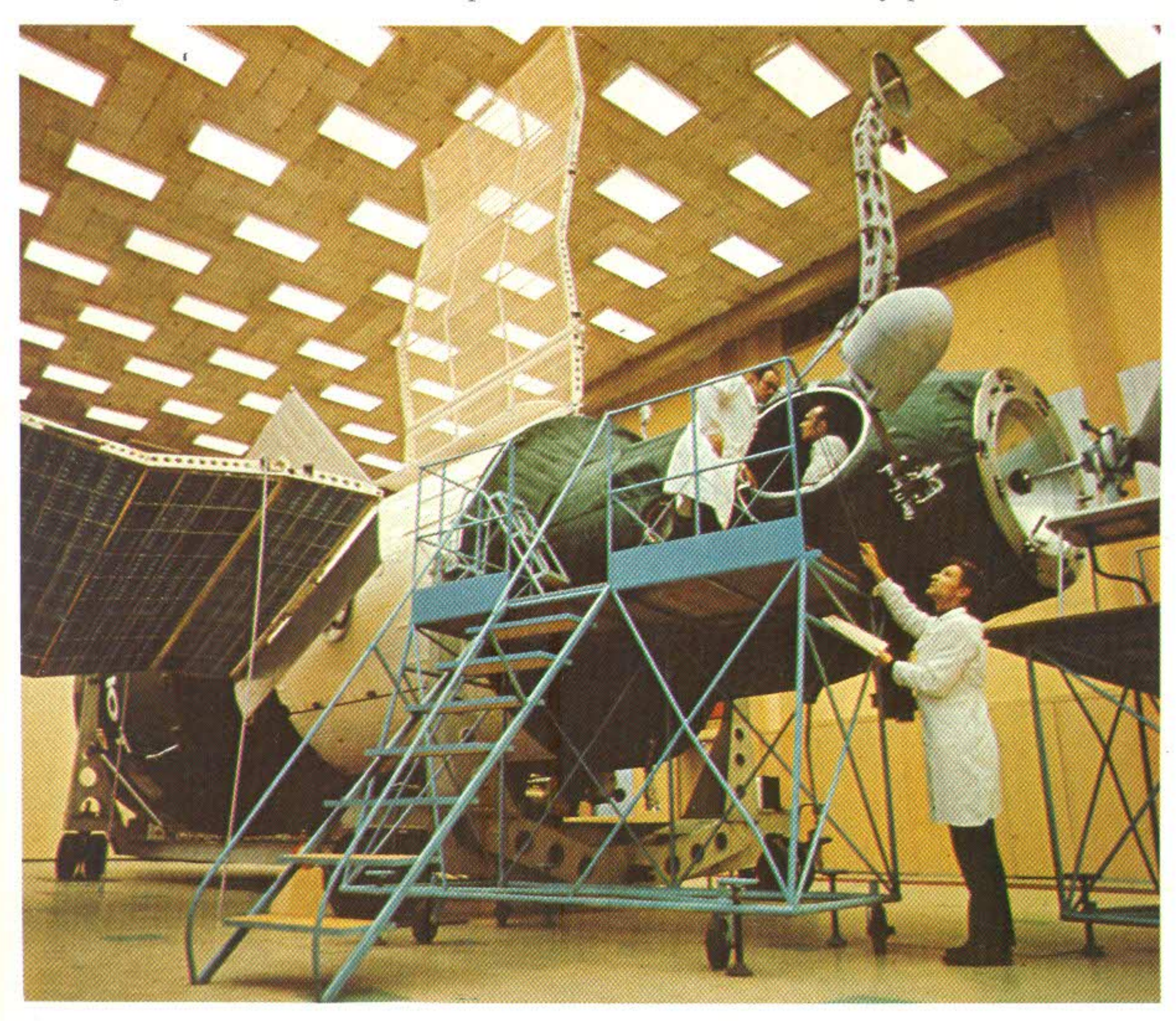
EXPLORACION ESPACIAL Y COHETES

Satélites terrestres

Después de que los Estados Unidos, por alguna oscura razón, postergara indefinidamente el desarrollo de un cohete antisatélite (Saint), los rusos comenzaron a probar satélites "asesinos" dentro del programa Cosmos, que se fragmentaron cerca de los objetivos orbitales. También se observó que otros satélites militares experimentales expelían vehículos de reingreso al final de una órbita. Estos eran los llamados vehículos FOBS (Fractional Orbit Bombardment System, sistema de bombardeo de órbita fraccional), los cuales, lanzados en caso de guerra, podrían atacar a los Estados Unidos a través de la "puerta trasera" del Polo Sur.

A pesar de todo ello, las superpotencias han realizado enormes esfuerzos para aplicar los frutos de la tecnología espacial al servicio de las necesidades del hombre. Cada vez es mayor la gente involucrada en la cuestión del Espacio, a través de su trabajo cotidiano: geólogos, petroleros, médicos, granjeros, ecologistas, profesores y muchos más. Y si bien es probable que muy pocos de ellos llegan alguna vez a ver despegar un cohete desde un centro de lanzamiento, serán requeridos para utilizar sus conocimientos, a través del espacio, para contribuir a la solución de algunos de los más acuciantes problemas de la humanidad: la pobreza y el hambre, la superpoblación, el analfabetismo, la contaminación y, tal vez, hasta incluso la crisis energética.

Todo comenzó con la explosión de las comunicaciones en la edad espacial, provocada por un memorándum técnico que el "profesor del espacio" Arthur C. Clarke presentó ante el Congreso de la British Interplanetary Society (BIS, sociedad interplanetaria de Gran Bretaña), en el año 1945. Aquel conciso documento, titulado "La estación espacial: sus aplicaciones en la radio", presagió la mayor revolución de las comunicaciones terrestres de todos los tiempos. En el documento se describía cómo tres satélites, colocados a igual distancia entre sí en una órbita "geo-estacionaria" de veinticuatro horas muy por encima del ecua-

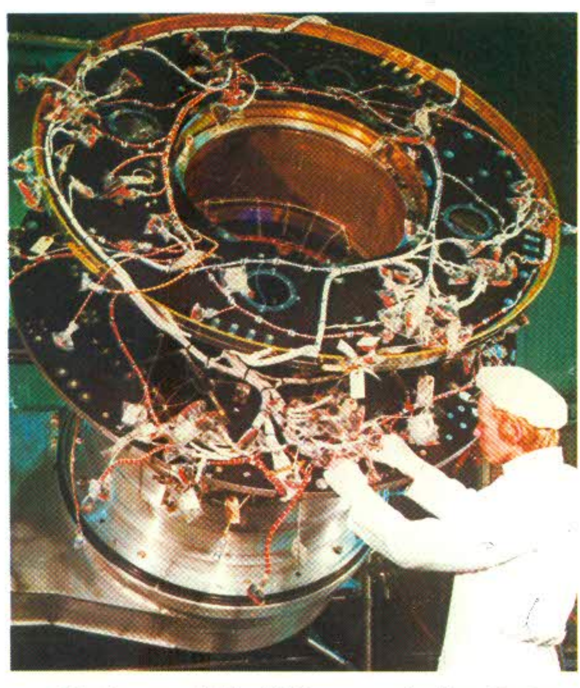


Modelo de ingeniería de la estación espacial Salyut (19.000 kg.) del Centro de Entrenamiento de Cosmonautas "Yuri Gagarin". Sobre el técnico situado en el suelo puede verse la escotilla de acceso delantera, la escotilla hermética del compartimento de traslado y las antenas. Sobresaliendo del fuselaje se observan los paneles solares extensibles que generan electricidad a partir de las radiaciones x solares.

dor, podían contribuir a difundir las comunicaciones por todo el mundo, y demostraba la forma en que un único satélite podía emitir directamente y de forma simultánea a distintas regiones.



Un grupo de técnicos de la British Aircraft Corporation controlan el mástil de la antena del Intelsat 4, uno de los satélites de comunicaciones más avanzados del mundo.



El GEOS I estaba destinado a ser el primer satélite geoestacionario de Europa, que investigaría la magnetosfera de la Tierra. Un accidente en el lanzamiento lo dejó abandonado en una órbita incontrolada.

Clarke escribió: "Ninguno de los desarrollos de las comunicaciones que puedan imaginarse podrá llegar a dejar obsoleta la cadena y, puesto que consiste en algo que finalmente será una necesidad urgente, su valor económico será inmenso".

A pesar de que Clarke y la BIS hicieron todo cuanto estuvo a su alcance para promocionar el esquema, serían los Estados Unidos quienes pondrían en práctica comercial el satélite de 24 horas, cuando en 1965 la Hughes Aricraft Company construyó el *Early Bird*. El resultado de ello es la actual explosión en las comunicaciones. Armonizando la rotación de la Tierra sobre los océanos Atlántico, Pacífico e Indico se encuentran los inmensos satélites de la red Intelsat, de forma similar a la de un tambor, cada uno de ellos puede recibir hasta 6.000 llamadas telefónicas, o doce programas de televisión en color, o una combinación de ambos.

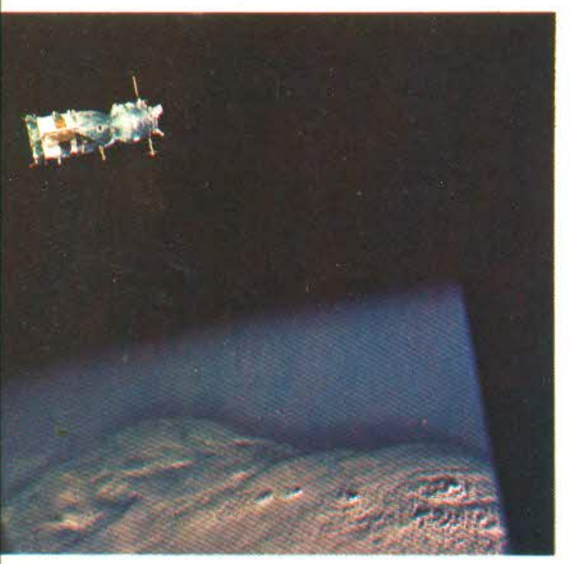
Hacia 1965 el tráfico telefónico transoceánico de unos tres millones de llamadas anuales pasó a más de cincuenta millones durante 1974 y a nada menos que doscientos millones en 1980. A pesar de ello, y gracias a los satélites, hoy en día una comunicación telefónica entre Nueva York y Londres es un cincuenta y cinco por ciento más barata que lo que costaba cuando el *Early Bird* entró en servicio. Y los satélites constituyen el único medio de difundir la televisión por todo el mundo.

La idea de Clarke se halla en contínua fase de desarrollo. Indonesia, por ejemplo, encargó a la Hughes un sistema de satélite para uso interno del tipo que utilizaron por primera vez Canadá y los Estados Unidos. A diferencia de los satélites que saltan los océanos uniendo entre sí los continentes, un satélite doméstico concentra su poder en un haz que cubre el territorio específico de una nación. El satélite indonesio *Palapa* (palabra que significa unidad nacional) comenzó a prestar sus servicios a 130 millones de personas en el mayor archipiélago del mundo, el 17 de agosto de 1976, celebrando el 31 aniversario de la independencia de la república. Realiza servicios de teléfono, televisión, radio, telégrafo e información diversa a las zonas más pobladas de unas 5.000 islas de las 13.000 que integran la nación, alcanzando una cobertura de 5.000 km. Se considera la posibilidad de utilizar el satélite para emitir programas de televisión educativos a través de todo el territorio de Indonesia.

La prueba más importante relativa a las aplicaciones sociales de la tecnología del espacio comenzaron en 1974, siguiendo un programa coordinado por el Departamento de Educación y Bienestar Social de los Estados Unidos. El poderoso satélite "paraguas" ATS-6 fue colocado en órbita geoestacionaria al oeste de las islas Galápagos, en el Pacífico, con el objeto de transmitir servicios educativos y médicos directamente a receptores de televisión de bajo coste en puntos de comunicades aisladas de los Estados Unidos.

Los maestros que participaron en el experimento pudieron contemplar a los instructores, los gráficos y cuadros que les llegaban a través del satélite, situado a cientos de millas de distancia, y también pudieron formular preguntas si se hallaban en el mismo salón de conferencias. El satélite permitió que médicos de hospitales urbanos "visitaran" pacientes de remotas regiones de Alaska, que a través de las imágenes recibidas por los monitores pudieron aconsejar a sus colegas acerca de tratamientos médicos específicos. Los historiales médicos, incluyendo electrocardiogramas y rayo X, les fueron enviados a los médicos a través del enlace espacial.

Tiempo después operando un pequeño motor cohete abordo del satélite, esta versátil plataforma fue llevada en dirección este, hasta una posición situada a unos 35.880 km. arriba del Lago Victoria, en Africa Oriental. Desde esta encumbrada y ventajosa posición, sus emi-







Derecha:
"Apretón de manos" en órbita: vehículo espacial Soyuz 19 visto desde la escotilla del Apollo 18 en julio de 1975. Después del ensamblaje, las tripulaciones se visitaron recíprocamente.

Izquierda:
La estación orbital Skylab vista después de reparadas sus averías, con un único panel solar extendido y el escudo solar.

iones alcanzan directamente a los niños y adul-os de aproximadamente 5.000 pueblos y ciu-lades de siete estados de la India.

Wernher von Braun, uno de los creadores le aquel experimento, ha manifestado que "el ATS-6 podría convertirse en uno de los ade-antos más importantes desde que el tipo móvil omenzara a utilizarse como medio de alcan-ar a la gente, separada por vastas barreras geo-ráficas, económicas y culturales. Sus suceso-res podrían incluso hasta llegar a erradir el anal-fabetismo de la faz de la Tierra".

Las inversiones espaciales producen de forma contínua nuevas oportunidades para el adelanto social. "Si para salvar al mundo yo tuviese que elegir una nave espacial, un Desarrollo de la Era Espacial", dijo el administrador de la Nasa, Dr. James J. Fletcher, "escogería el ERST y los satélites que creo nacerán a partir de él en el transcurso de esta década". Se

Antena de alta ganancia banda S
Procesador biológico
Altímetro radar
Antena de baja ganancia banda S
Sensores meteorológicos
Cámara
Sismómetro
Generadores binarios de potencia termo-eléctrica radio-isotópicos
Motores de estabilización y alabeo
Depósitos de propelentes de descenso
Mástil del toma-muestras de superficie
Motores de descenso (tres terminales)
Antena del radioaltímetro y radar de descenso y aterrizaje
Cuchara excavadora
Cabezal asistido colector
Punta excavadora
Viga

Aterrizador Viking mostrando sus componentes principales. El detalle aumentado inferior es la cuchara extractora de muestras geológicas que, bajo control computerizado escarbó en el suelo marciano colocando el material en el laboratorio biológico situado en el cuerpo principal. El Viking 1 aterrizó el 20 de julio de 1976 en la llanura Chryse y el Viking 2 en la Utopía el 3 de septiembre del mismo año.

refería al primero de los satélites de observación (cuyo nombre se cambiaría luego por el de Landsat— que toman fotos especiales de la Tierra. Colocados mediante cohetes en órbitas polares, a unos 925 km. de altura, estos satélites circundan el globo cada 103 minutos. Cada 18 días divisan el mismo punto, en cualquier lugar del mundo, a la misma hora local del día.

LAS MISIONES ESPACIALES DE MAYOR TRASCENDENCIA

Naves espaciales tripuladas

Nave espacial. País	Fecha	Tripulación	Peso en kg.	Parámetros de órbita terrestre: Perigeo en km.	Apogeo en km.	Inclinación hacia el ecuador en grados	Notas
Vostok I (URSS)	12 de abril 1961	Yuri Gagarin	esfera-cilindro, 4.725	169	315	64,95	Primer hombre en el espacio. Una órbita terrestre. Tiempo de vuelo 108 min.
Freedom 7 (USA)	5 de mayo 1961	Alan Shepard, Jr.	cono truncado, 1.829				La trayectoria suborbital alcanzó 187 km. de altitud, 478 de alcance. Primer norteamericano en el espacio. Tiempo de vuelo 15 min. 22 seg. Mercury MR-3
Liberty Bell 7 (USA)	21 de julio 1961	Virgil Grissom	cono truncado, 1.829				La trayectoria suborbital alcanzó 190 km. de altitud, 487 km. de alcance. La nave se hundió después de caer en el mar. Tiempo de vuelo 15 min. 37 seg. Mercury MR-4
Vostok 2 (URSS)	6-7 de agosto 1961	Gherman Titov	esfera-cilindro, 4.730	166	232	64,93	El primer vuelo que duró más de un día. Diecisiete órbitas. Tiempo de vuelo 25 h. 3 min.
Friendship 7 (USA)	20 de febrero 1962	John Glenn, Jr.	cono truncado, 1.352	159	265	32,54	Primer norteamericano en órbita. Tres órbitas. Tiempo de vuelo 4 h. 55 min. 23 seg. Mercury MA-6
Aurora 7 (USA)	24 de mayo 1962	Scott Carpenter	cono truncado, 1.349	154	260	32,5	Repitió el vuelo de Glenn. Tiempo de vuelo 4 h. 56 min. 5 seg.
Vostok 3 (URSS)	11-15 de agosto 1962	Andrian Nikolayev	esfera cilindro, 4.730	166	218	64,98	Primeras imágenes de televisión desde nave espacial tripulada. Tiempo de vuelo 94 h. 22 min.
Vostok 4 (URSS)	12-15 agosto 1962	Papel Popovich	esfera-cilindro, 4.730	169	222	64,95	Por primera vez, dos naves tripuladas en órbita simultáneamente. Se aproximó hasta unos 5 km. de la Vostok 3. Tiempo de vuelo 70 h. 57 min.
Sigma 7 (USA)	3 de octubre 1962	Walter Schirra, Jr.	cono truncado, 1.370	153	285	32,55	Casi dobló el tiempo de vuelo anterior de los EE. UU. Tiempo de vuelo 9 h. 13 min. 11 seg. Mercury MA-8.
Faith 7 (USA)	15-16 de mayo 1963	Gordon Cooper, Jr.	cono truncado, 1.370	161	267	32,54	Primer vuelo extendido de los Estados Unidos. Tiempo de vuelo 34 h. 19 min. 49 seg. Mercury MA-9
Vostok 5 (URSS)	14-19 de junio 1963	Valery Bykovsky	esfera cilindro, 4.730	162	209	64,97	El vuelo más largo realizado hasta entonces. Tiempo de vuelo 119 h. 6 min.
Vostok 6 (URSS)	16-19 de junio 1963	Valentina Tereshkova	esfera-cilindro, 4.713	168	218	65,09	Primera mujer en el espacio. Tiempo de vuelo 70 h. 50 min.
Voshkod 1 (URSS)	12-13 de octubre 1964	Konstantin Feoktlstov Vladimir Komarov Dr. Boris Yegorov	esfera-cilindro, 5.320	177	377	64,90	Primera tripulación de tres hombres en el espacio. Tiempo de vuelo 24 h. 17 min.

LAS MISIONES ESPACIALES DE MAYOR TRASCENDENCIA

Naves espaciales tripuladas

Nave espacial. País	Fecha	Tripulación	Peso en kg.	Parámetros de órbita terrestre: Perigeo en km.	Apogeo en km.	Inclinación hacia el ecuador en grados	Notas
Voshkod 2 (URSS)	18-19 de marzo 1965	Pavel Belyayev	esfera-cilindro, 5.682	167	475	64,79	Leonov paseó por primera vez en el espacio (aproximadamente 10 min.) Tiempo de vuelo 26 h. 2 min.
Géminis 3 (USA)	23 de marzo 1965	Virgil Grissom John Young	cono truncado, 3.220	160	240	33,00	Primer vuelo norteamericano tripulado por dos hombres. Tiempo de vuelo 4 h. 53 min.
Géminis 4 (USA)	3-7 de junio 1965	James McDivitt Edward White, II	cono truncado, 3.540	162	281	32,53	White paseó por el espacio durante 21 min. Tiempo de vuelo 97 h. 56 min. 11 seg.
Géminis 5 (USA)	21-29 de agosto 1965	Gordon Cooper, Jr. Charles Conrad, Jr.	cono truncado, 3.180	197 197	303 303	32,61 32,61	Se probó a los hombres en prolongada ingravidez. Tiempo de vuelo 190 h. 55 min. 14 seg.
Géminis 7 (USA)	4-18 de diciembre 1965	Frank Borman James Lovell, Jr.	cono truncado, 3.200	215	321	28,87	Vuelo de tolerancia de aproximadamente dos semanas, récord que se mantuvo durante cuatro años y medio. Tiempo de vuelo 330 h. 35 min. 31 seg.
Géminis 6 (USA)	15-16 de diciembre 1965	Walter Schirra, Jr. Thomas Stafford	cono truncado, 3.800	258	271	28,89	Se aproximó hasta una distancia de unos 30 cm. de la Géminis 7, logrando por tanto el primer "punto de reunión" (vuelo en estrecha formación) de las naves espaciales orbitantes con tripulación. Tiempo de vuelo 25 h. 51 min. 24 seg.
Géminis 8 (USA)	16 de marzo 1966	Neil Armstrong, David Scott	cono truncado, 3.789	159	265	28,91	Primer acoplamiento en órbita de dos naves, una tripulada y otra sin tripulación; concluyó antes de lo previsto debido a problemas de funcionamiento. Tiempo de vuelo 10 h. 41 min. 26 seg.
Géminis 9 (USA)	3-6 de junio 1966	Thomas Stafford Eugene Cernan	cono truncado, 3.680	270	272	28,86	Demostración de paseo espacial de mayor duración, reunión. Tiempo de vuelo 72 h. 21 min.
Géminis 10 (USA)	18-21 de julio 1966	John Young Michael Collins	cono truncado, 3.630	160	288	28,85	Recuperó un paquete de experimentos científicos durante su reunión con una nave orbital Agena sin tripulación. Tiempo de vuelo 70 h. 46 min. 39 seg.
Géminis 11 (USA)	12-15 de septiembre 1966	Charles Conrad, Jr. Richard Gordon, Jr.	cono truncado, 3.630	161	280	28,83	Pruebas de acoplamiento. Tiempo de vuelo 71 h. 17 min. 8 seg.
Géminis 12 (USA)	11-15 de noviembre 1966	James Lovell, Jr. Edwin Aldrin, Jr.	cono truncado, 3.630	243	310	28,78	Aldrin paseó por el espacio durante 129 min. Tiempo de vuelo 94 h. 34 min. 31 seg.
Soyuz 1 (URSS)	23-24 de abril 1967	Vladimir Komarov	esfera-cilindro con dos "alas" ¿6.000?	198	211	51,64	Komarov, que resultó muerto a raíz del impacto del reingreso, se convirtió en la primera víctima de la historia de los vuelos espaciales.
Apolo 7 (USA)	11-22 de octubre 1968	Walter Schirra, Jr. Donn Eisele Walter Cunningham	cilindro cónico 14.690	231	297	31,63	El primer vuelo norteamericano tripulado por tres hombres. Tiempo de vuelo 260 h. 9 min. 3 seg.
Soyuz 3 (URSS)	26-30 de octubre 1968	Georgiy Beregovoi	cilindro esférico más 2 "alas"	177	203	51,66	Beregovoi, de 47 años, el hombre de más edad que llegara al espacio, maniobró en las proximidades de la Soyuz 2, que no llevaba tripulación. Tiempo de vuelo 94 h. 51 min.



El astronauta Ed White flota en el espacio el 3 de junio de 1965, conectado con el Gemini 4 por un "cordón umbilical" de 7,6 m. y que le suministraba oxígeno.

Los Landsat, que pesan 925 kg., transportan cámaras de televisión además de exploradores radiométricos, obteniendo información en diversas gamas espectrales de luz visible (rojo, azul y verde) e infrarroja, que descubren aspectos ocultos del suelo. La información obtenida se refiere a especie y calidad de los cultivos, así como al grado de humedad y fertilidad del suelo en extensas áreas. Esto, a su vez, contribuye al hallazgo de mejores tierras para la agricultura y a determinar el momento óptimo de maduración de plantas y productos agrícolas para obtener el máximo provecho de la cosecha.

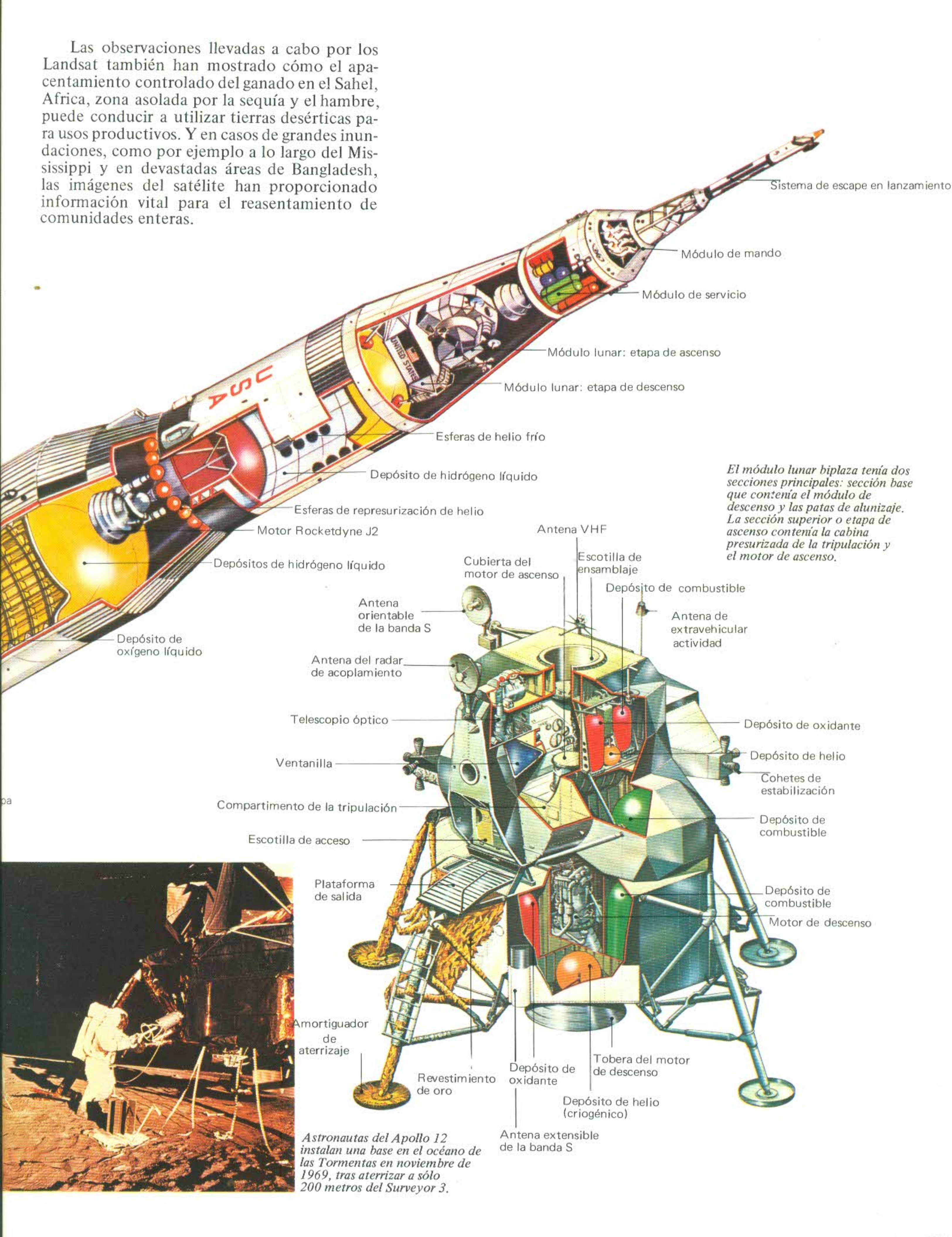
La observación vía satélite promete, asimismo, llegar a proporcionar una temprana predicción de la cosecha total, de modo que las provisiones alimenticias podrán conocerse por anticipado y planificarse de acuerdo a las necesidades futuras. Uno de los primeros descubrimientos fue que los cultivos y las zonas forestales dañadas por plagas o insectos, salían de color negro azulado en las fotos del satélite, mientras que la vegetación sana se veía rosa o roja.

La cápsula espacial Mercury, diseñada para transportar un solo hombre, fue colocada en órbita mediante un Atlas ICBM modificado. La longitud total, incluidos los cohetes de escape y el carenado era de 7,9 metros.

Motores Rocketdyne J2
Bombonas de helio
Depósito de combustible (RP 1)
Conductos de oxígeno
Cohetes de separació
Depósito de oxígeno líquido
Refuerzos cruciformes
Aletas
Motores Rocketdyne F 1

El módulo lunar del Apollo 12 fotografiado desde el módulo de mando Yankee Clipper, dispuesto a aterrizar en el océano de las Tormentas.

Las observaciones llevadas a cabo por los Landsat también han mostrado cómo el apacentamiento controlado del ganado en el Sahel, Africa, zona asolada por la sequía y el hambre, puede conducir a utilizar tierras desérticas para usos productivos. Y en casos de grandes inundaciones, como por ejemplo a lo largo del Mississippi y en devastadas áreas de Bangladesh, las imágenes del satélite han proporcionado información vital para el reasentamiento de comunidades enteras.



El módulo lunar biplaza tenía dos secciones principales: sección base que contenía el módulo de descenso y las patas de alunizaje. La sección superior o etapa de ascenso contenía la cabina presurizada de la tripulación y el motor de ascenso.

Astronautas del Apollo 12 instalan una base en el océano de las Tormentas en noviembre de 1969, tras aterrizar a sólo 200 metros del Surveyor 3.

LAS MISIONES ESPACIALES DE MAYOR TRASCENDENCIA

Naves espaciales tripuladas

Nave espacial. País	Fecha	Tripulación	Peso en kg.	Parámetros de órbita terrestre: Perigeo en km.	Apogeo en km.	Inclinación hacia el ecuador en grados	Notas
Apolo 8 (USA)	21-27 de diciembre 1968	Frank Borman James Lovell William Anders	cilindro cónico, 28.400	191	191	32,60	Los primeros hombres que visitaron los alrededores de un cuerpo celeste, al acercarse a 112,6 km. de la Luna. Los primeros hombres que circunnavegaron la Luna. Tiempo de vuelo 147 h. 42 seg.
Soyuz 4 (URSS)	14-17 de enero 1969	Vladimir Shatalov Alexsei Yeliseyev Yevgeniy Khrunov	cilindro esférico más 2 "alas", 6.625	161	215	51,73	Primer acoplamiento de dos naves tripuladas. Primera transferencia de tripulación entre dos naves orbitales. Tiempo de vuelo 71 h. 22 min.
Soyuz 5 (URSS)	15-18 de enero 1969	Boris Volynov Alexsei Yeliseyev Yevgeniy Khrunov	cilindro esférico más 2 "alas" 6.585	210	233	51,69	Las Soyuz 4 y 5 se acoplaron y transfirieron dos cosmonautas mediante la EVA de la Soyuz 5 a la Soyuz 4. Tiempo de vuelo 72 h. 40 min.
Apolo 9 (USA)	3-13 de marzo 1969	James McDivitt David Scott Rusell Schweickart	cilindro cónico, 22.030	203	229	32,57	Primera prueba en el espacio del Módulo Lunar (nave para aterrizaje lunar); primera transferencia de tripulación entre naves a través de una conexión interior. Tiempo de vuelo 241 h. 54 seg.
Apolo 10 (USA)	18-26 de mayo 1969	Thomas Stafford John Young Eugene Cernan	cilindro cónico, 28.870	183	184	32,56	Stafford y Cernan volaron en el Módulo Lunar separado hasta 15 km. de distancia de la superficie lunar, en un ensayo final para el aterrizaje en la Luna. Tiempo de vuelo 192 h. 3 min. 23 seg.
Apolo 11 (USA)	16-24 de julio 1969	Neil Armstrong Edwin Aldrin, Jr. Michael Collins	cilindro cónico, 28.800	183	184	32,51	Primer aterrizaje del hombre en la Luna, realizado por Armstrong y Aldrin en el Mar de la Tranquilidad. Tiempo de estancia 21 h. 36 min. 21 seg. Tiempo de vuelo 195 h. 18 min. 35 seg.
Soyuz 6 (URSS)	11-16 de octubre 1969	Georgiy Shonin Valeriy Kubasov	cilindro esférico más 2 "alas" 6.577	192	231	51,68	Las Soyuz 6, 7 y 8 operaron un vuelo en grupo aunque sin llegar a acoplarse. Tiempo de vuelo 118 h. 21 min.
Soyuz 7 (URSS)	12-17 de octubre 1969	Viktor Gorbatko Anatoliy Filipchenko Vladislav Volkov	cilindro esférico más 2 "alas" 6.570	210	223	51,65	Ver anterior. Tiempo de vuelo 118 h. 43 min.
Soyuz 8 (URSS)	13-18 de octubre 1969	Vladimir Shatalov Alexsei Yeliseyev	cilindro esférico más 2 "alas" 6.646	201	227	51,65	Ver anterior. Tiempo de vuelo 118 h. 51 min.
Apolo 12 (USA)	14-24 de noviembre 1969	Charles Conrad, Jr. Alan Bean Richard Gordon, Jr.	cilindro cónico, 28.790	183	199	32,56	Segundo aterrizaje tripulado en la Luna, realizado por Conrad y Bean en el Mar de las Tormentas. Tiempo de estancia aproximadamente 31 h. 31 min. Tiempo de vuelo 244 h. 36 min. 25 seg.
Apolo 13 (USA)	11-17 de abril 1970	James Lovell, Jr. John Swigert Fred Haise	cilindro cónico, 28.890	186	186	32,56	La explosión del tanque de oxígeno del Módulo de Servicio impidió el aterrizaje previsto. Los astronautas fueron recuperados sanos y salvos después de circunnavegar la Luna. Tiempo de vuelo 142 h. 54 min. 41 seg.

LAS MISIONES ESPACIALES DE MAYOR TRASCENDENCIA

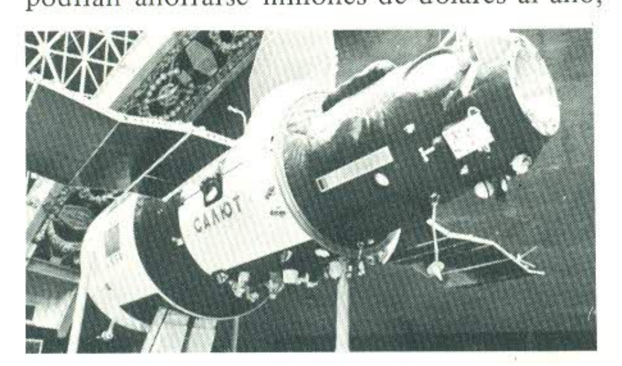
Naves espaciales tripuladas

Nave espacial. País	Fecha	Tripulación	Peso en kg.	Parámetros de órbita terrestre: Perigeo en km.	Apogeo en km.	Inclinación hacia el ecuador en grados	Notas
Soyuz 9 (URSS)	1-19 de junio 1970	Andrian Nikolayev Vitaliy Sevastyanov	cilindro esférico más 2 "alas" 6.500	176	227	51,64	El vuelo espacial tripulado de mayor duración hasta entonces. Tiempo de vuelo 424 h. 59 min.
Apolo 14 (USA)	31 de enero al 9 de febrero 1971	Alan Shepar, Jr. Edgar Mitchell Stuart Rossa	cilindro cónico 29.229	186	186	32,56	Tercer aterrizaje tripulado en la Luna, realizado por Shepard y Mitchell en el Fra Mauro. Tiempo de estancia 33 h. 31 min. Tiempo de vuelo 216 h. 1 min. 57 seg.
Soyuz 10 (URSS)	22-24 de abril 1971	Vladimir Shatalov Alexsei Yeliseyev Nikolai Rukavishnikov	cilindro esférico más 2 "alas" ¿6.575?	209	258	51,60	Se acopló con la estación espacial Salyut 1, lanzada el 19 de abril de 1971, pero la tripulación no la abordó. Tiempo de vuelo 47 h. 46 min.
Soyuz 11 (URSS)	6-29 de junio 1971	Georgiy Dobrovolsky Vladislav Volkov Viktor Patsayev	cilindro esférico más 2 "alas" ¿6.565?	189	209	51,57	Se mantuvo acoplada a la Salyut 1 durante 22 días. La tripulación durante el regreso a la Tierra debido al aire de la cabina se escapó por una válvula defectuosa. Tiempo de vuelo 570 h. 22 min.
Apolo 15 (USA)	26 de julio al 7 de agosto 1971	David Scott James Irwin Alfred Worden	cilindro cónico, 30.340	169	173	32,56	Cuarto aterrizaje tripulado en la Luna, realizado por Scott e Irwin en la zona de Hadley-Apennine. Utilización por primera vez del Vehículo de Exploración Lunar. Tiempo de estancia 66 h. 55 min. Tiempo de vuelo 295 h. 11 min. 53 seg.
Apolo 16 (USA)	16-27 de abril 1972	John Young, Charles Duke, Jr. Thomas Mattingly, II	cilindro cónico 30.358	169	178	32,56	Quinto aterrizaje tripulado en la Luna, realizado por Young y Duke en la zona de Descartes. Establecimiento del primer observatorio astronómico. Utilización del Vehículo de Exploración Lunar. Tiempo de estancia 71 h. 2 min. Tiempo de vuelo 265 h. 51 min. 5 seg.
Apolo 17 (USA)	7-19 de diciembre 1972	Eugene Cernan Harrison Schmitt Ronald Evans	cilindro cónico, 30.340	169	178	32,56	Sexto aterrizaje tripulado en la Luna, realizado por Cernan y Schmitt en la zona de Taurus Littrow. Utilización del Vehículo de Exploración Lunar. Tiempo de estancia 75 h. Tiempo de vuelo 301 h. 51 min. 59 seg.
Skylab 2 (USA)	25 de mayo al 22 de junio 1973	Charles Conrad Joseph Kerwin Paul Weitz	cilindro cónico, 13.780	156	359	50,04	Primeros astronautas que abordaron la Estación Espacial Skylab, para efectuar reparaciones. Tiempo de vuelo 672 h. 49 min. 49 seg.
Skylab 3 (USA)	28 de julio al 25 de septiembre 1973	Alan Bean Jack Lousma Owen Garroitt	cilindro cónico 13.860	159	230	50,05	Segunda tripulación que abordó la Estación Espacial Skylab. Tiempo de vuelo 1.472 h. 9 min. 4 seg.
Soyuz 12 (URSS)	27-29 de septiembre 1973	Vasily Lazarev Oleg Makarov	cilindro esférico, ¿6.570?	181	229	51,58	Prueba de una versión mejorada del Soyuz para misiones de trasbordo a la estación Salyut, con la utilización de baterías químicas en lugar de "alas" solares. Tiempo de vuelo 47 h. 16 min.

El Comsat I, un satélite de comunicaciones en órbita geoestacionaria perteneciente a los Estados Unidos, que se utiliza para transmitir llamadas telefónicas y emitir programas de televisión.

La cápsula espacial Mercury, diseñada para transportar un solo hombre, fue colocada en órbita mediante un Atlas ICBM modificado. La longitud total, incluidos los cohetes de escape y el carenado era de 7,9 metros.

Actualmente la India se está moviendo con gran determinación en el campo de la tecnología del espacio. En abril de 1975 los soviéticos lanzaron un satélite científico indio, en la actualidad la India no sólo construye sus propios satélites sino también vehículos de lanzamiento que realizan estudios meteorológicos y avisan ante la existencia de tormentas, observan los recursos de la Tierra y ayuda a la agricultura. Si, por ejemplo, los satélites pudieran predecir el comienzo de las lluvias monzónicas, podrían ahorrarse millones de dólares al año,

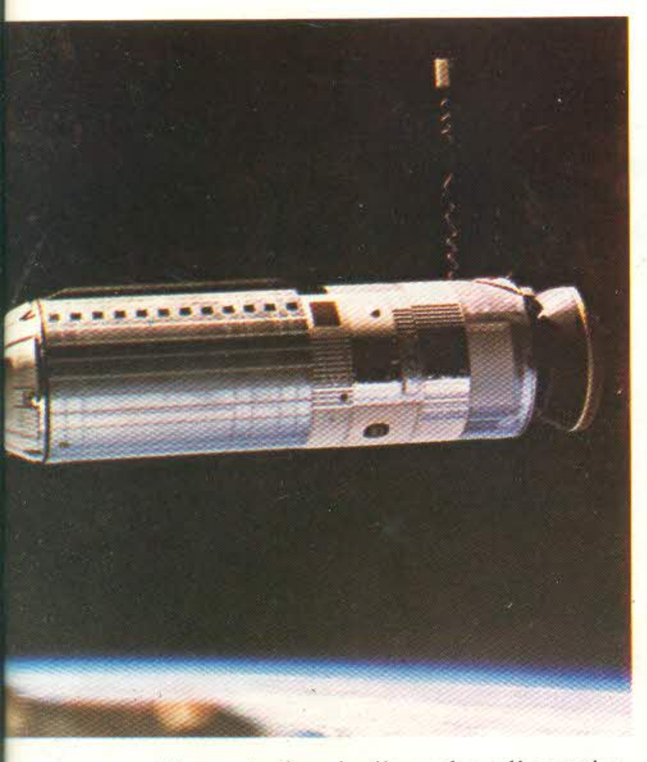


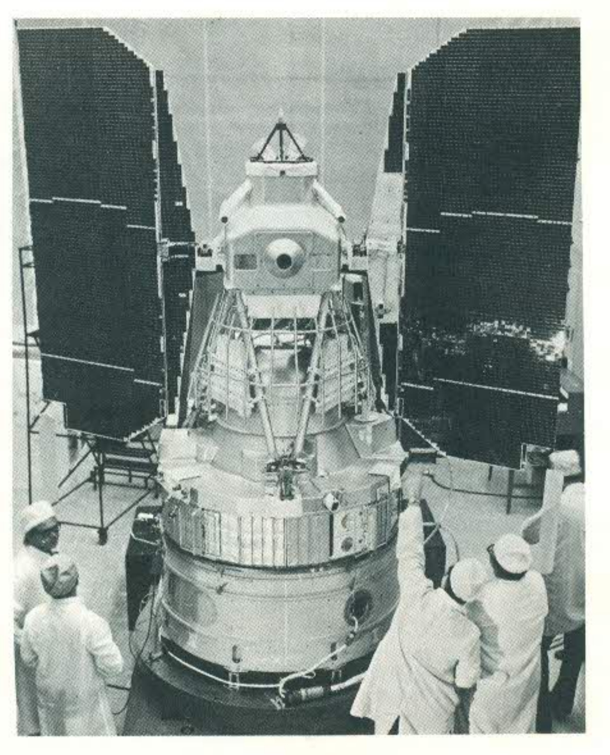
Las estaciones espaciales Salyut fueron lanzadas desde el cosmodromo de Tyuratam-Baikonur, en Asia central. Los cosmonautas volaron en la nave espacial Soyuz, para acoplarse posteriormente por sus partes superiores. La tripulación se trasladó de la nave a la estación espacial a través de un túnel interior, después de igualar las presiones y abrir unas compuertas interiores. Los experimentos llevados a cabo abordo de la Salyut incluyeron una investigación sobre los recursos de la Tierra y el estudio de la atmósfera y la contaminación, así como investigación de carácter biológico y médico y el tratamiento de materiales diversos en condiciones de ingravidez.

ya que esta información es crucial para realizar el trasplante del arroz. Y en estas regiones, salvar una cosecha de arroz no constituye meramente un acierto financiero sino que puede significar la diferencia entre la vida y la muerte.

Otros países en desarrollo se están apresurando a introducirse en este campo. Kenia, Zaire, Irán y Venezuela fueron de los primeros en construir estaciones terrestres desde donde aplicar sin demora la información proporcionada por los Landsat norteamericanos en sus propios territorios. Los Landsat ya han realizado importantes descubrimientos en muchas zonas del mundo, relativos a la búsqueda de reservas minerales y combustibles fósiles.

Una de las primeras revelaciones consistió en la "ingerencia geológica" de que las reservas de gas y petróleo de la ladera norte de Alaska eran muchos mayores de lo que se pensaba anteriormente. Los satélites obtuvieron imáge-





El Landsat I, el satélite de la Tecnología de las Reservas de la Tierra, durante las pruebas a que fue sometido en la planta de Valley Forge, de la General Electric Company de los Estados Unidos. Explorando la Tierra desde la órbita polar, el satélite trabaja en la investigación de depósitos de minerales y combustibles fósiles, controla la contaminación del mar y del aire y está en condiciones de aseverar el estado de salud o enfermedad de los cultivos. En un anillo sensorial situado en la base del satélite se hallan las cámaras y otros instrumentos con los que recaba su información. Grandes paneles solares general a partir de la luz del Sol la energía necesaria para el buen funcionamiento del equipo.

nes multiespectrales de "grandes alineamientos y fallas estructurales", antes invisibles, que no guardaban relación alguna con la geología de la superficie. Son las características ocultas de esta naturaleza, discernibles sólo mediante satélite, las que están proporcionando nuevas esperanzas de descubrir reservas minerales y petrolíferas en el mundo.

Una imagen infrarroja de Italia tomada por el satélite de recursos terrestres de la NASA Landsat I. Para obtener esta serie de imágenes sin nubes, las fotografías se tomaron durante un período de más de un año, entre 1972 y 1973, mientras el satélite se movía por la órbita polar.

LAS MISIONES ESPACIALES DE MAYOR TRASCENDENCIA

Naves espaciales tripuladas

Nave espacial. País	Fecha	Tripulación	Peso en kg.	Parámetros de órbita terrestre			Notas
				Perigeo en km.	Apogeo en km.	Inclinación hacia el ecuador en grados	
Skylab 4 (USA)	16 de noviembre 1973 al 8 de febrero 1974	Gerald Carr Edward Gibson William Pogue	cilindro cónico ¿13.980?	154	224	50,04	Tercera y última tripulación que abordó la Estación Espacial Skylab. El vuelo espacial de mayor duración hasta entonces. Tiempo de vuelo 2.017 h. 15 min. 32 seg.
Soyuz 13 (URSS)	18-26 de diciembre 1973	Pyotr Klimuk Valentin Lebedev	cilindro esférico más 2 "alas" ¿6.570?	188	247	51,57	Llevó a cabo experimentos biológicos y astrofísicos, así como otros relativos a la observación de los recursos terrestres. Tiempo de vuelo 188 h. 55 min.
Soyuz 14 (URSS)	3-19 de julio 1974	Pavel Popovich Yuri Artyukhin	cilindro esférico, ¿6.570?	195	217	51,58	Se acopló a la Solyut 3 durante 353 h. 33 min. Tiempo de vuelo superior a 370 h.
Soyuz 15 (URSS)	26-28 de agosto 1974	Gennardy Sarafanov Lev Demin	cilindro esférico, ¿6.570?	173	236	51,62	El 27 de agosto falló el acoplamiento con el Salyut 3 debido a algunos fallos en el sistema de control automático. Tiempo de vuelo 48 h. 12 min.
Soyuz 16 (URSS)	2-8 de diciembre 1974	Anatoly Filipchenko Nikolai Rukavishnikov	cilindro esférico más 2 "alas" ¿6.680?	184	291	51,80	Prueba de vuelo ASTP. Comprobación del sistema de acoplamiento de la Soyuz y reducción de la presión de cabina, necesaria para la consecución de las pruebas de acoplamiento. Tiempo de vuelo 143 h. 4 min.
Soyuz 17 (URSS)	11 de enero al 9 de febrero 1975	Alexsei Gubarev Georgi Grechko	cilindro esférico, ¿6.570?	185	249	51,63	Se acopló con la Salyut 4 durante 677 h. 8 min. Tiempo de vuelo 709 h. 20 min.
Soyuz "anomalía" (URSS)	5 de abril 1975	Vasily Lazarev Oleg Makarov			suborbital		Fracasó el intento de llegar hasta la Salyut 4, debido al mal funcionamiento de la tercera etapa del vehículo de lanzamiento. Los cosmonautas fueron rescatados sanos y salvos en la Siberia Occidental.
Soyuz 18 (URSS)	24 de mayo al 26 de julio 1975	Pyotr Klimuk Vitaly Sevastyanov	cilindro esférico, ¿6.570?	186	230	51,69	Se acopló con la Salyut 4. Tiempo de vuelo 1.511 h. 20 min.
Soyuz 19 (URSS)	15-21 de julio 1975	Alexsei Leonov Valery Kubasov	cilindro esférico más 2 "alas" 6.680	186	220	51,78	Misión ASTP. Se acopló con la CSM/DM de la Apolo durante aproximadamente dos días, realizándose intercambios de tripulación y experimentos conjuntos. Tiempo de vuelo 142 h. 31 min.
Apolo 18 ASTP (USA)	15-24 de julio 1975	Thomas Sttaford Vance Brand Donald Slayton	cilindro cónico, ¿13.860?	170	228	51,76	Ver anterior. Tiempo de vuelo 217 h. 28 min.
Soyuz 21 (URSS)	6 de julio al 24 de agosto 1976	Boris Volynov Vitaly Zhdobov	cilindro esférico más 2 "alas" ¿6.570?	246	274	51,59	El 7 de julio se acopló con la Salyut 5. Tiempo de vuelo 1.182 h. 24 min.
Soyuz 22 (URSS)	15-23 de septiemre 1976	Valery Bykovsky Vladimir Aksyonov	cilindro esférico más 2 "alas" ¿6.570?	185	296	64,75	Misión intercósmica. Transportó cámaras multiespectrales MKF-6 fabricadas en Alemania Oriental. Tiempo de vuelo 189 h. 54 min.

LAS MISIONES ESPACIALES DE MAYOR TRASCENDENCIA

Naves espaciales tripuladas

Nave espacial. País	Fecha	Tripulación	Peso en kg.	Parámetros de órbita terrestre: Perigeo en km.	Apogeo en km.	Inclinación hacia el ecuador en grados	Notas
Soyuz 23 (URSS)	14-16 de octubre 1976	Vyacheslav udov Valery Rozhdestvensky	cilindro esférico ¿6.570?	188	224	51,61	El 15 de octubre fracasó el acoplamiento con la Salyut 5, debido a fallos en el sistema de control automático. Tiempo de vuelo 48 h. 6 min.
Soyuz 24 (URSS)	7-25 de febrero 1977	Viktor Gorbatko Yuri Glaskov	cilindro esférico, ¿6.570?	218	281	51,60	El 8 de febrero se acopló con la Salyut 5. Tiempo de vuelo 424 h. 48 min.

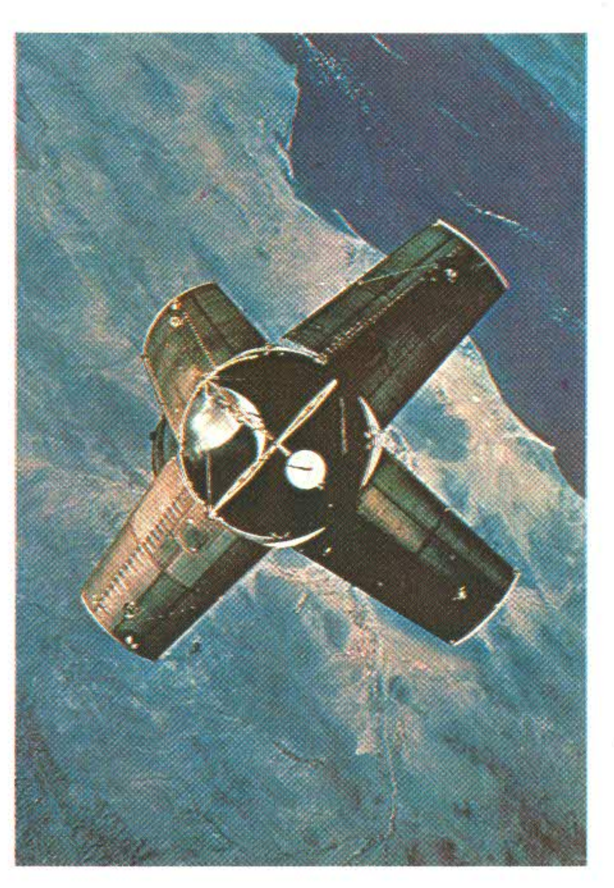
*Los datos orbitales se refieren a las órbitas *iniciales* sólo en el caso de que posteriormente se hayan efectuado maniobras complementarias.

Nave espacial. País	Fecha	Tripulación	Notas
Soyuz 25 URSS	9 de octubre 1977	V. Kovalenok V. Ryumin	El vuelo duró 49 h. y no consiguió reunirse con el Salyut 6.
Soyuz 26 URSS	10 de octubre 1977	G. Grechko Y. Romanenko	El vuelo duró 2.310 h. y consiguió la reunión con el Salyut 6. La tripulación regresó en la nave Soyuz 27, consiguiendo con ello un nuevo récord de permanencia.
Soyuz 27 URSS	10 junio 1978	V. Dzhanibekov P. Makarov	Con una duración de 142 h., esta misión logró la reunión con el Salyut 6. Los tripulantes del Solyuz 27 regresaron en el Soyuz 26.
Soyuz 28 URSS	2 de marzo 1978	A. A. Guvarev V. Remek	Se reunió con el Salyut 6. Con esta misión de 190 h., Checoslovaquia se convertía en el tercer país que enviaba a uno de sus astronautas al espacio (V. Remek).
Soyuz 33 URSS	10 de abril 1979	N. Rukavishnikov G. Ivánov	Anomalías funcionales obligaron a esta nave a regresar a la Tierra sin conseguir la reunión con el Salyut 6.
Soyuz 35 URSS	9 de abril 1980	L. Popov V. Riumin	A diferencia del Soyuz 33, esta misión logró un acoplamiento perfecto con la estación Salyut 6. La duración de la misión del Soyuz 35 duró 4.350 h. y con la permanencia de 185 días en la estación científica logró un nuevo récord de estancia en el espacio.
Columbia EE. UU.	14 abril 1981	J. Young R. Cripper	Fue la primera misión llevada a cabo por la Lanzadera Espacial y sufrió ciertas deficiencias en las plaquetas de revestimiento térmico.
Soyuz 40 URSS	14 mayo 1981	L. Popov D. Prunario	El segundo tripulante de esta nave (D. Prunario) fue el primer cosmonauta rumano.
Columbia EE. UU.	12 noviembre 1981	Joe Henry Engle Richard H. Truly	Segundo vuelo del transbordador espacial. Resulta altamente importante el que esta nave ha sido la primera en ser lanzada por segunda vez, es decir, recuperada tras su primer vuelo. Volvió a sufrir fallos en el recubrimiento térmico.

VUELOS NO TRIPULADOS

Venera 9 URSS	8 de junio 1975	D-1	Fotos enviadas desde la superficie de Venus.
Viking 1 EE. UU.	20 agosto 1975	Titan III-Centaur	Recepción de fotografías de la superficie de Marte.
Aryabhata URSS-India	19 de abril 1975		Primer satélite hindú.
Lageos EE. UU.	4 de mayo 1976	Delta	Satélite Geodésico accionado por láser.
Voyager 1 EE. UU.	29 de agosto 1977	Titan III-Centaur	Destinado a la exploración interplanetaria.
Voyager 2 EE. UU.	5 de septiembre 1977	Titan III-Centaur	Destinado a la exploración interplanetaria.
Meteosat Apple Francia	19 de junio 1981	Ariane	Satélite meteorológico y de telecomunicaciones.
Marecs Francia	12 de octubre 1981	Ariane	Satélite de telecomunicaciones. Al igual que los Meteosat, significa la culminación de los esfuerzos de la Agencia Espacial Europea.

La fotografía, tomada desde la nave espacial Apolo 7, en órbita terrestre, muestra la etapa S-IVB separada de un cohete Saturno. La estación espacial Skylab se pasó en una modificación de esta etapa. En el interior del gran depósito de combustible de hidrógeno, se construyeron compartimentos para proporcionar a los tres astronautas un recinto de dos pisos. Una cámara de experimentación, que ocupaba el tercio superior del depósito, permitió que los astronautas flotaran libremente mientras realizaban diversos experimentos en gravedad cero. Debajo de la misma se hallaba la zona de trabajo y vivienda, que estaba dotada de todas las comodidades posibles para hacer de este espacio restringido un medio de trabajo tolerable.



Retrospectivamente, la información obtenida a partir de las naves espaciales enviadas para explorar la Luna, Marte y otros planetas, ha sido sumamente valiosa. Su importancia reside en que ha preparado el camino para un descubrimiento espectacular, y mucho más necesario, de nuestro propio planeta. Y, lo que es aún más digno de mención, estos beneficios provienen de sólo una pequeña proporción de los impuestos destinados normalmente a subvencionar el programa espacial de los Estados Unidos.

Estaciones espaciales

El deseo de reunir información sobre los recursos naturales de la Tierra y ampliar los horizontes de otras útiles áreas de la ciencia y la tecnología, fue el punto de partida que llevó a las primeras estaciones espaciales tripuladas. Después de algunos problemas presentados en los modelos de prueba, los soviéticos lanzaron una serie de laboratorios orbitales Salyut de 18,5 toneladas. A intervalos, los cosmonautas acoplaban con las estaciones transbordadores Soyuz para realizar investigaciones diversas, desde fotografiar las reservas de la Tierra hasta llevar a cabo experimentos de biología, medicina y procesos industriales bajo condiciones de ingravidez. También llevaban telescopios para observar el Sol y las estrellas desde fuera de la atmósfera.

El 14 de mayo de 1973 los Estados Unidos lanzaron su estación espacial Skylab, de mayores dimensiones, que llevó a cabo gran número de experimentos similares, que incluyeron la utilización del Telescopio Apolo para profundizar en el conocimiento del Sol y su influencia en el medio ambiente de la Tierra. En un pequeño horno eléctrico se fundieron metales y los experimentos acerca del tamaño de un tipo determinado de cristales podrían ser

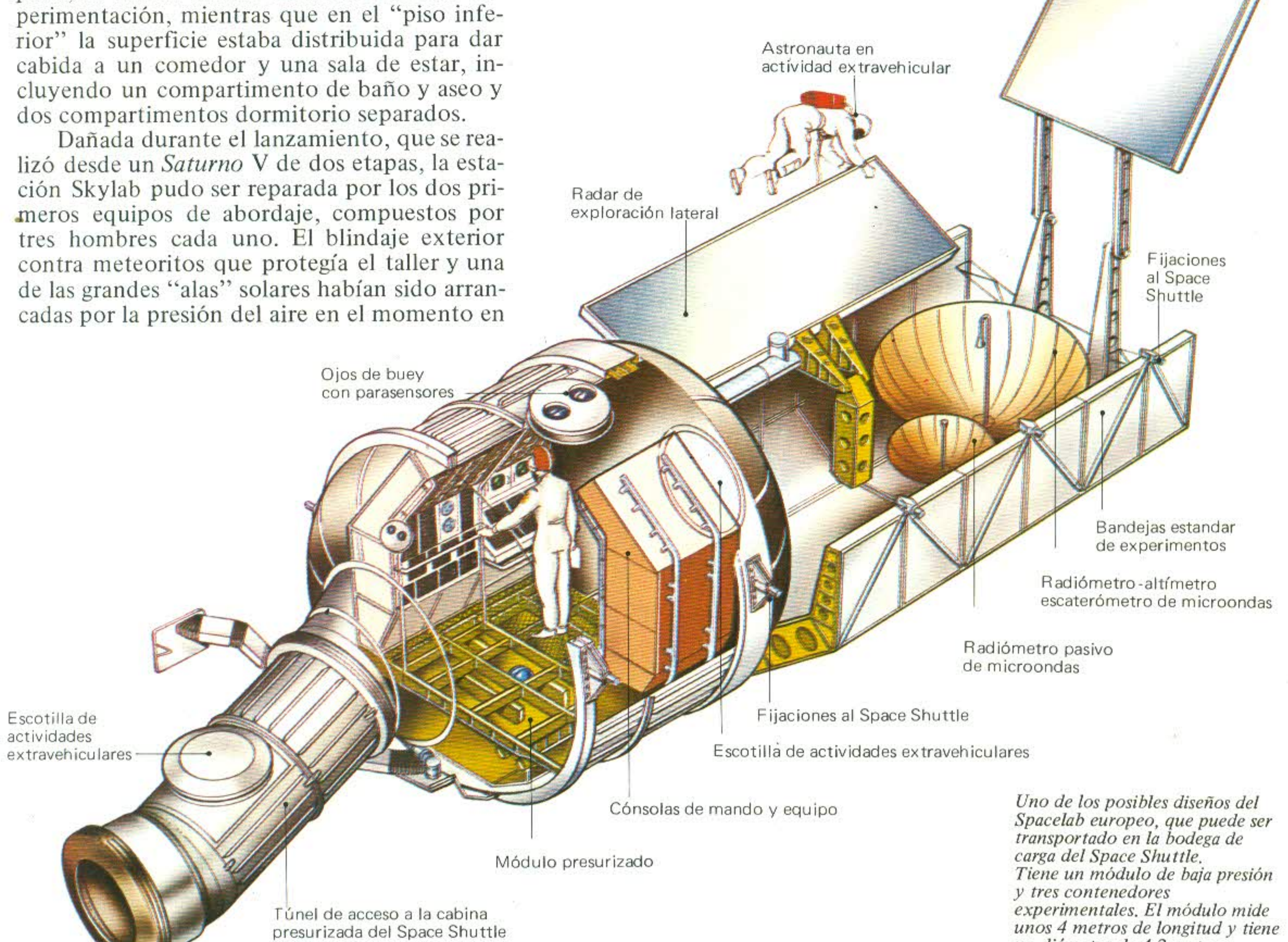
La estación Skylab resultó seriamente dañada durante su lanzamiento, el 14 de mayo de 1973. Llegó a la órbita sin un "ala" solar, con el blindaje contra meteoritos arrancado y con la otra ala trabada por un trozo de metal arrancado. El primer equipo de abordaje hubo de realizar reparaciones de emergencia.

Los astronautas "caminaron" por el espacio para poner en condiciones el ala que quedaba. También colocaron un escudo contra el Sol para evitar que la Skylab se recalentara. Finalmente, el desastre se transformó en éxito mediante la consecución de una serie de experimentos espectaculares. Con este viaje, la Skylab se convirtió en el objeto más pesado que había orbitado la Tierra hasta entonces.

de gran valor para la industria electrónica. Los astronautas tomaron fotografías del cometa Khoutek.

El Skylab se construyó a partir de la etapa S-IVB de un cohete Saturno. Constaba de dos pisos; en uno de ellos se hallaba el taller de experimentación, mientras que en el "piso inferior" la superficie estaba distribuida para dar cabida a un comedor y una sala de estar, incluyendo un compartimento de baño y aseo y dos compartimentos dormitorio separados.

Dañada durante el lanzamiento, que se realizó desde un *Saturno* V de dos etapas, la estación Skylab pudo ser reparada por los dos primeros equipos de abordaje, compuestos por tres hombres cada uno. El blindaje exterior contra meteoritos que protegía el taller y una de las grandes "alas" solares habían sido arrancadas por la presión del aire en el momento en



Uno de los posibles diseños del Spacelab europeo, que puede ser transportado en la bodega de carga del Space Shuttle. Tiene un módulo de baja presión y tres contenedores experimentales. El módulo mide unos 4 metros de longitud y tiene un diámetro de 4,2 metros.

que el cohete atravesó la atmósfera; en la otra "ala" se había incrustado un trozo del metal arrancado. El primer equipo de abordaje no sólo pudo erigir un resguardo temporal sobre el taller para reducir la temperatura, sino que los astronautas pudieron salir de la estación para eliminar la obstrucción y liberar el "ala" atascada. El segundo equipo transportó un blindaje protector contra el Sol, que pudo ser instalado sin mayores dificultades. Finalmente la Skylab superó todas las expectativas previstas y las tres misiones de astronautas enviadas alcanzaron un éxito rotundo, en jornadas de 28, 56 y 84 días de duración cada una de ellas.

Al poco tiempo, los Estados Unidos y la URSS combinaron sus recursos en un experimento espacial conjunto, que implicó un intercambio de astronautas y cosmonautas para el período de entrenamiento. Este fue el celebrado proyecto ASTP (Apollo-Soyuz Test Project, proyecto experimental Apolo-Soyuz).

La misión se inició en julio de 1975, cuando la nave espacial Apolo, tripulada por tres hombres, se acopló con la Soyuz, con dos hombres de tripulación, a 225 km. por encima de la Tierra. Ambas naves habían sufrido modificaciones para que sus sitemas de acoplamiento y de apoyo vital resultaran compatibles entre sí. Las tripulaciones se visitaron entre sí y llevaron a cabo experimentos conjuntos antes de separar sus naves para aterrizar en sus respectivas zonas de recuperación. El proyecto demostró la fiabilidad de las misiones espaciales de rescate y la capacidad de ambas naciones para trabajar conjuntamente en la construcción y el suministro de estaciones espaciales, así como para su utilización con fines de paz.

SONDAS LUNARES

Algunos aterrizajes importantes

Explorador espacial. País	Fecha del lanzamiento	Vehículo de lanzamiento	Pesos en kg.	Notas
Pioneer (USA)	17 de agosto 1958	Thor-Able I	38,0	Primer intento de colocar en órbita lunar una nave exploradora. La primera etapa del vehículo de lanzamiento explotó. Proyecto de la USAF (United States Air Force, fuerzas aéreas de los Estados Unidos).
Pioneer I B (USA)	11 de octubre 1958	Thor-Able I B	38,3	Segundo intento de colocar una nave exploradora en órbita lunar. Velocidad límite de la tercera etapa 206 km/h., insuficiente; la nave exploradora se elevó 113,756 km. y luego cayó a la Tierra. Proyecto de la USAF.
Pioneer 2 (USA)	7 de noviembre 1958	Thor-Able	39,6	Tercer intento de colocar una nave exploradora en órbita lunar. Falló el encendido de la segunda etapa del Able. La nave exploradora se elevó hasta una altura de sólo 1.549 km. Proyecto de las USAF.
Pioneer 3 (USA)	6 de diciembre 1958	Juno II	5,87	Intento por obtener imágenes elementales de la Luna durante un vuelo de inspección. Velocidad límite de la cuarta etapa 37.982 km/h. insuficiente. La nave se elevó 107,246 km. y luego cayó en la Tierra. Proyecto del ejército de los Estados Unidos.
Luna I (URSS)	2 de enero 1959	A-I	36,1	Probable intento de hacer impacto sobre la superficie lunar. Pasó a 5.955 km. de Luna y continuó hasta la órbita solar.
Pioneer 4 (USA)	3 de marzo 1959	Juno II	5,87	Intento por obtener imágenes elementales de la Luna durante un vuelo de inspección a 32.187 km. de distancia. Pasó a 60.015 km. de la Luna. Siguió hasta entrar en órbita solar.
Luna 2 (URSS)	12 de septiembre 1959	A-I	390	Primer objeto construido por el hombre que tocó la Luna, cayendo entre los cráteres *Arquímedes, Aristillus* y *Autolcycus* (aproximadamente 1º oeste, 30º norte).
Luna 3 (URSS)	4 de octubre 1959	A-I	278,5	Primer vuelo circunlunar; en realidad el vuelo fue de una órbita terrestre alargada distorsionada por el campo gravitatorio de la Luna. La nave exploradora pasó a 7.886 km. por detrás de la Luna tomando fotos y enviando imágenes a la Tierra a través de la televisión.
Ranger 4 (USA)	28 de julio 1964	Atlas-Agena D	365,6	Obtuvo 4.316 imágenes de televisión durante los últimos trece minutos antes de chocar contra el Mar de las Nubes (10º 30' sur, 20º 36' oeste).
Luna 9 (URSS)	31 de enero 1966	A-2-e	Vehículo completo 1.583 Capsula de aterrizaje 99,8	Primera nave exploradora espacial sin tripulación que aterrizó en la Luna y envió información; aterrizaje sobre el Océano de las Tormentas (7º 8' norte, 64º 33' oeste). Envió panorama de 360º de imágenes estáticas, que mostraron rocas de hasta 10-20 cm. transversalmente.
Luna 10 (URSS)	31 de marzo 1966	A-2-e	245	Alcanzó una órbita lunar de 349 x 1.017 km. x 71,9º hacia el ecuador.
Surveyor I (USA)	30 de mayo 1966	Atlas-Centaur	998	Primer aterrizaje en Luna, suave y totalmente controlado, realizado en el Océano de las Tormentas (2º 27' sur, 43º 13' oeste). Una cámara de reconocimiento envió 11.150 fotos de gran resolución de la superficie lunar, tomadas hasta una distancia de 2,4 km. del punto de aterrizaje.
Lunar Orbiter I (USA)	10 de agosto 1966	Atlas-Agena 10	385	Obtuvo fotografías de gran resolución de posibles puntos de aterrizaje para la Apolo, desde una órbita lunar de 191 x 1.867 km., 12,2º de inclinación hacia el ecuador.
Luna II (URSS)	24 de agosto 1966	A-2-e	1.640	Logró una órbita de 159 x 1.200 km. x 27º hacia el ecuador.
Luna 12 (URSS)	22 de octubre 1966	A-2-e	1.640	Logró una órbita de 100 x 1.739 km. x 15º hacia el ecuador. El sistema de televisión transmitió imágenes de 1.100 líneas que mostraron de hasta 15 m. transversalmente.
Luna 13 (URSS)	21 de diciembre 1966	A-2-e	Vehículo completo 1.590 Cápsula de aterrizaje 99,8	Aterrizó en el Océano de las Tormentas, 18º 52' norte, 62º 3' oeste. La cámara distinguió objetos pequeños de hasta 1,5-2,0 mm.
Surveyor 3 (USA)	17 de agosto 1967	Atlas-Centaur	998	Aterrizó suavemente en el Océano de las Tormentas (2º 56' sur, 23º 20' oeste). Mediante una excavadora mecánica controlada por radio desde la Tierra, los científicos cavaron en la capa superior del suelo y fotografiaron los resultados. La cámara obtuvo aproximadamente 6.320 fotos del sitio de aterrizaje.

Explorador espacial. País	Fecha del lanzamiento	Vehículo de lanzamiento	Pesos en kg.	Notas
Zond 5 (URSS)	14 de septiembre 1968	D-1-e	NA	Primer vuelo circunlunar, con regreso a la URSS. Alcanzó una distancia lunar mínima de 1.950 km. La cápsula de reingreso cayó en el Océano Indico (32º 38' sur, 65º 33' este).
Zond 6 (URSS)	10 de noviembre 1968	D-1-e	NA	Vuelo circunlunar, regresó a la URSS mediante un "salto" aerodinámico en la atmósfera terrestre. Alcanzó una distancia lunar mínima de 2.418 km.
Luna 15 (URSS)	13 de julio 1969	D-1-e	NA	Nave espacial maniobrable en órbita lunar, mientras los astronautas norteamericanos intentaban realizar el primer aterrizaje en la Luna. Se estrelló dos horas antes de que los astronautas de la Apolo 11 partieran de la Luna.
Luna 16 (URSS)	12 de septiembre 1970	D-1-e	1.880	Primer aterrizaje lunar automático sin tripulación, llevó a la Tierra una muestra lunar de 100 gr. Aterrizó en el Mar de la Fertilidad (0,41º sur, 56,3º este).
Luna 17 (URSS)	10 de noviembre 1970	D-1-e	Lunokhod 1, 756	Hizo aterrizar al Lunokhod 1, el primer vehículo explorador lunar, de funcionamiento por control remoto, en el Mar de las Lluvias (38º 18' norte, 35º oeste). Viajó una distancia total de 10.542 m., enviando imágenes de televisión y realizando en ruta pruebas del suelo.

SONDAS INTERPLANETARIAS

Algunos lanzamientos importantes

EXPLORADOR ESPACIAL. PAIS	FECHA DEL LANZAMIENTO	VEHICULO DE LANZAMIENTO	PESOS EN KG.	NOTAS
Venera 1 (URSS)	12 de febrero 1961	A-2-e	643,5	Pasó a 100.000 km. de Venus el 19-20 de mayo de 1961, pero las comunicaciones se habían cortado el 27 de febrero.
Mariner 2 (USA)	27 de agosto 1962	Atlas-Agena B	202,7	Pasó a 34.830 km. de Venus el 14 de diciembre. Los instrumentos exploraron el planeta durante 35 minutos. Temperatura de la superficie 428 ºC.
Mars 1 (URSS)	1 de noviembre 1962	A-2-e	893,5	Pasó a 998 y 10.783 km. de Marte el 19 de junio de 1963, pero las comunicaciones se habían cortado el 21 de marzo.
Zond 1 (URSS)	2 de abril 1964	A-2-e	950	Pasó a 99.779 km. de Venus el 19 de julio. Las comunicaciones se habían cortado.
Mariner 4 (USA)	28 de noviembre 1964	Atlas-Agena D	260,8	Pasó a 8.690 km. de Marte el 14 de julio de 1965. Envió 21 imágenes de la superficie marciana. Un experimento de ocultación por radio reveló que la presión de la superficie era de 10-20 milibares.
Zond 2 (URSS)	30 de noviembre 1964	A-2-e	950	Pasó a 1.497 km. de Marte. Las comunicaciones se habían cortado.
Venera 2 (URSS)	12 de noviembre 1965	A-2-e	963	Pasó a 24.000 km. de Venus el 27 de febrero de 1966. En el momento de realizarse el vuelo de inspección, las comunicaciones se habían perdido.
Venera 3 (URSS)	16 de noviembre 1965	A-2-e	960	Se estrelló en Venus sin enviar información.
Venera 4 (URSS)	12 de junio 1967	A-2-e	1.106	La cápsula se lanzó en paracaídas a la atmósfera de Venus el 18 de octubre, pero al llegar a la superficie la transmisión se interrumpió, indicando una temperatura de 280ºC y 22 atmósferas de presión.
Mariner 5 (USA)	14 de junio 1967	Atlas-Agena 10	245	Pasó a 3.991 km. de Venus el 19 de octubre. Los instrumentos exploraron el planeta. Cerca de la superficie se registraron temperaturas de "aproximadamente" 267ºC. Campo magnético C-1/300th con respecto a la Tierra.
Venera 5 (URSS)	5 de enero 1969	A-2-e	1.120 incluyendo los 405 de la cápsula	La cápsula se lanzó en paracaídas a la atmósfera de Venus el 16 de mayo. La transmisión se cortó sobre la superficie.
Venera 6 (URSS)	10 de enero 1969	A-2-e	1.120 incluyendo los 405 de la cápsula	La cápsula se lanzó en paracaídas a la atmósfera de Venus el 17 de mayo. La transmisión se cortó sobre la superficie.
Mariner 6 (USA)	24 de febrero 1969	Atlas-Centaur	413	Pasó a 3.427 km. de Marte el 30 de julio. Obtuvo 24 imágenes en un período de 17 min., 12 de gran resolución y 12 de mediana resolución. Presión atmosférica 6-7 milibares.
Mariner 7 (USA)	27 de marzo 1969	Atlas-Centaur	413	Pasó a 3.427 km. de Marte el 4 de agosto. Obtuvo 33 imágenes, 16 de gran resolución y 17 de resolución media. Una de ellas mostró el satélite Fobos como una diminuta mancha.





SONDAS INTERPLANETARIAS

Algunos lanzamientos importantes

EXPLORADOR ESPACIAL. PAIS	FECHA DEL LANZAMIENTO	VEHICULO DE LANZAMIENTO	PESOS EN KG.	NOTAS
Venera 7 (URSS)	17 de agosto 1970	A-2-e	1.180	La cápsula en paracaídas a la atmósfera de Venus el 15 de diciembre. Primer aterrizaje confirmado en Venus. Las tenues señales emitidas desde la superficie duraron aproximadamente 23 min., indicando una temperatura de 475 20°C y una presión atmosférica de 90 15 atmósferas.
Mars 2 (URSS)	19 de mayo 1971	D-1-e	4.650	Segundo satélite artificial de Marte, el 27 de noviembre. Orbita de 1.380 x 25.000 km. con inclinación de 48° 54' hacia el ecuador. La cápsula, liberada antes de la entrada en órbita, se estrelló en Marte.
Mars 3 (URSS)	28 de mayo 1971	D-1-e	4.650	Tercer satélite artificial de Marte, el 2 de diciembre de 1971. La cápsula, liberada antes de la entrada en órbita, aterrizó en medio de una tormenta de polvo entre *Electris* y *Phaethontis* (aproximadamente 45° sur, 158° oeste). Dejó de transmitir al cabo de 20 segundos, incluyendo fragmentos de imágenes panorámicas de televisión que no revelaron ningún detalle.
Mariner 9 (USA)	30 de mayo 1971	Atlas-Centaur	1.031	Primer satélite artificial de Marte, el 13 de noviembre de 1971. Orbita de 1.398 x 17.916 con inclinación de 64,3° hacia el ecuador. Fotografió enormes cañones ecuatoriales, volcanes, contornos similares a antiguos lechos de río, etc. Envió 7.329 imágenes.
Pioneer 10 (USA)	3 de marzo 1972	Atlas-Centaur TE/-M-364-4	258	Pasó a 130.000 km. de Júpiter en diciembre de 1973, obteniendo primeros planos de nubes de gas y de una "mancha roja". Llegará más allá del Sistema Solar.
Venera 8 (URSS)	27 de marzo 1972	A-2-e	1.180 incluyendo los 495 de la cápsula	La cápsula aterrizó en Venus el 22 de julio de 1972. Transmitió durante 50 minutos. Presión de la superficie 90 kg/cm^2, temperatura 470°C, 97 por ciento de CO_2 y no más de un 2 por ciento de nitrógeno.
Pioneer 11 (USA)	6 de abril 1973	Atlas-Centaur TE-M-384-4	258	Pasó a 42.800 km. de Júpiter en diciembre de 1974 y realizó un vuelo de inspección de Saturno en sptiembre de 1979. Envió fotografías e información de Júpiter.
Mars 4 (URSS)	21 de julio 1973	D-1-e	NA	Pasó a 2.200 km. de Marte el 10 de febrero de 1974. Falló el encendido del motor de frenado.
Mars 5 (URSS)	25 de julio 1973	D-1-e	NA	Cuarto satélite artificial de Marte, el 12 de febrero de 1974. Orbita de 1.760 x 32.500 km. inclinada 35° hacia el ecuador.
Mars 6 (URSS)	5 de agosto 1973	D-1-e	NA	La nave continuó viaje después de liberar la cápsula en Marte. La transmisión por radio se interrumpió poco antes de que la cápsula llegara a la superficie de Marte, aproximadamente 24° sur, 25° oeste.
Mars 7 (URSS)	9 de agosto 1973	D-1-e	NA	Dirección errónea de la cápsula de aterrizaje, pasó a 1.300 km de distancia de Marte. La nave matriz continuó en órbita solar.
Mariner 10 (USA)	3 de noviembre 1973	Atlas-Centaur	408,2	Pasó a 5.768 km. de Venus antes de pasar a 740 km. de Mercurio el 29 de marzo de 1974. Segundo acercamiento el 21 de septiembre de 1974, a unos 48.280 km. Tercer acercamiento el 16 de marzo de 1975, a 320 km. En cada pasada envió información y fotografías.
Helios 1 (Alemania/ USA)	10 de diciembre 1974	Titan III-Centaur TE-364-4	367	Pasó a 45 millones de km. del Sol el 15 de marzo de 1975.
Venera 9 (URSS)	8 de junio 1975	D-1-e	4.936	Liberó una cápsula de aterrizaje de 1.560 kg. y el 22 de octubre de 1975 se colocó en una órbita de 1.510 x 112.200 km. x 34° 10' de inclinación. Primer satélite artificial de Venus. La cápsula transmitió desde la superficie durante 53 minutos, incluyendo imágenes de televisión. Presión en la superficie 90 atmósferas, temperatura 485°C. Aterrizó en la zona Beta, 30° norte, 293° longitud.
Venera 10 (URSS)	14 de junio 1975	D-1-e	5.033	Liberó una cápsula de aterrizaje de 1.560 kg. y el 25 de octubre de 1975 se colocó en una órbita de 1.620 x 113.900 km. x 29° 30' de inclinación. La cápsula transmitió desde la superficie durante 65 minutos, incluyendo el envío de imágenes de televisión. Presión en la superficie 92 atmósferas, temperatura 465°C. Aterrizaje 15° norte. 295° longitud.
Viking 1 (USA)	20 de agosto 1975	Titan III Centaur	2.313 el vehículo orbital, 1.089 la cápsula de aterrizaje	Se colocó en órbita alrededor de Marte el 19 de junio de 1976. La cápsula de aterrizaje descendió en *Chryse Planitia* (22,46° norte, 48,01 oeste) el 20 de julio de 1976. Envió las primeras imágenes desde la superficie marciana, realizó pruebas del suelo, recabó información meteorológica, etc.
Viking 2 (USA)	9 de septiembre 1975	Titan III Centaur	2.313 el orbitador, 1.089 la cápsula de aterrizaje	Se colocó en órbita alrededor de Marte el 7 de agosto de 1976. La cápsula descendió en *Utopia Planitia* (47,97° norte, 225,67° oeste) el 3 de septiembre de 1976. Envió imágenes desde la superficie marciana, realizó pruebas del suelo, recabó información meteorológica, etc.

EXPLORACION ESPACIAL Y COHETES

En el apartado del desarrollo tecnológico aerospacial, el normal devenir de los hechos, desde sus comienzos hasta la actualidad, se está viendo meteóricamente acelerado por el ritmo en que se producen los avances y las nuevas conquistas. El progreso científico se produce a una velocidad que no facilita que el ser humano tenga tiempo de asimilar los cambios a los que se ve sometido.

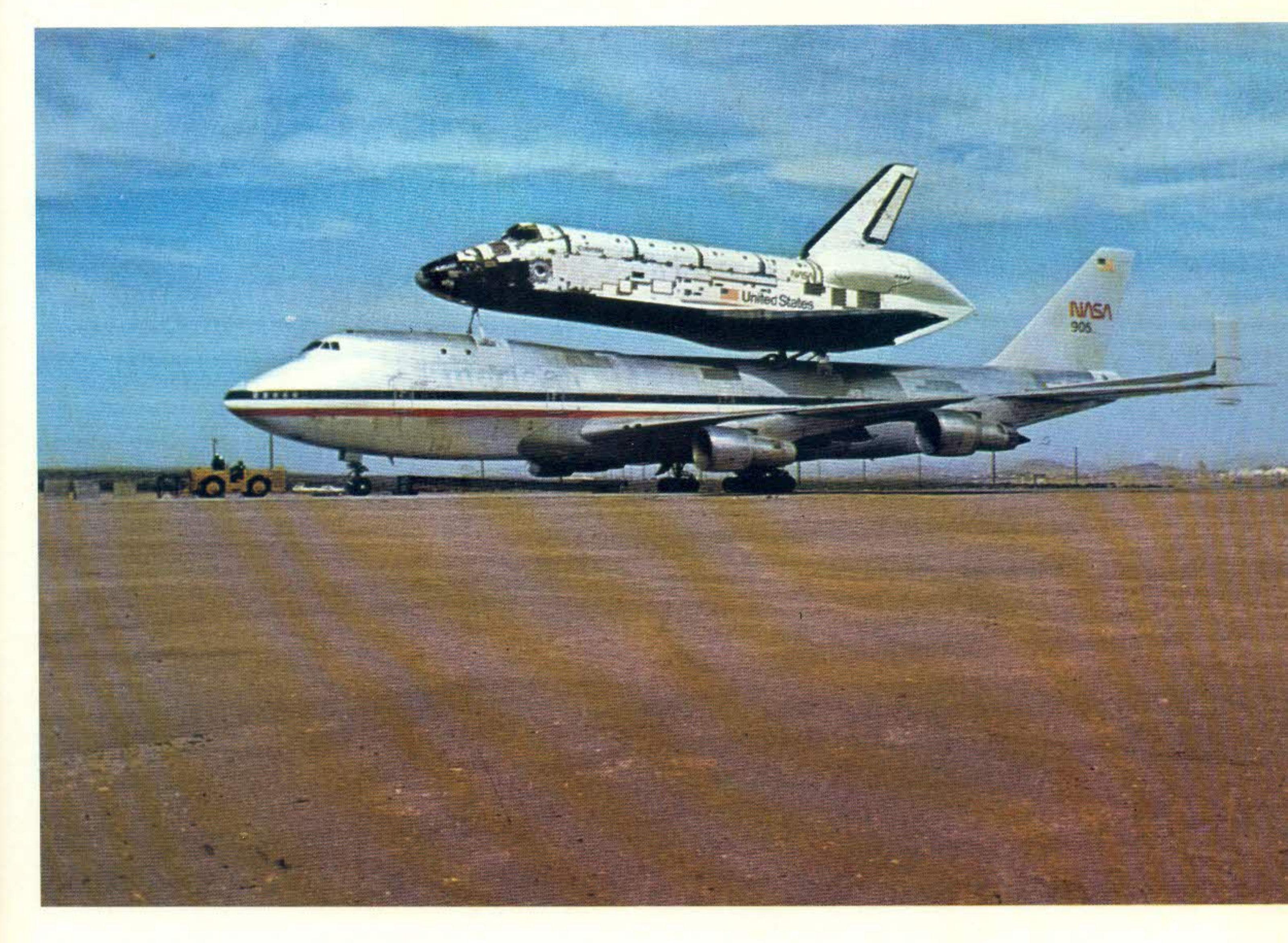
Hasta ahora, ha sido norma editorial que la obra mantenga su configuración inicial, pero los antedichos progresos nos obligan a modificar el esquema que en un principio estaba trazado.

La reciente historia de la Lanzadera Espacial nos ha hecho replantearnos el contenido de este apartado, dado que el desarrollo que tal programa ha experimentado, hizo ver que el material con el que se contaba en un principio se estaba quedando "fuera de órbita".

La evolución, tanto conceptual como técnica, que ha hecho posible este auténtico "autobús espacial" quedaba, en el planteamiento original, un tanto desvaída.

Puestos a trabajar, se ha considerado necesario ofrecer al lector una serie de datos históricos y de actualidad que le permitan centrarse mejor en el momento presente del programa. Debido a que gran parte de estas nuevas inclusiones se han efectuado un poco a caballo de los acontecimientos, quizás la riqueza ilustrativa de estos fascículos puede parecer no estar a la altura de la norma de la colección desde el punto de vista gráfico, pero aun así seguimos manteniendo nuestro criterio respecto a que el interés de la temática que se va a tratar supera los incovenientes que la falta de suficiente material pueda ocasionar.

La sección central del fuselaje del Orbiter la produjo General Dynamics, las alas corrieron a cargo de Grumman, la deriva la construyó Fairchild y el ensamblaje final tuvo lugar en la factoría de Palmdale, California.



Vista lateral del Rockwell International Space Shuttle Orbiter.



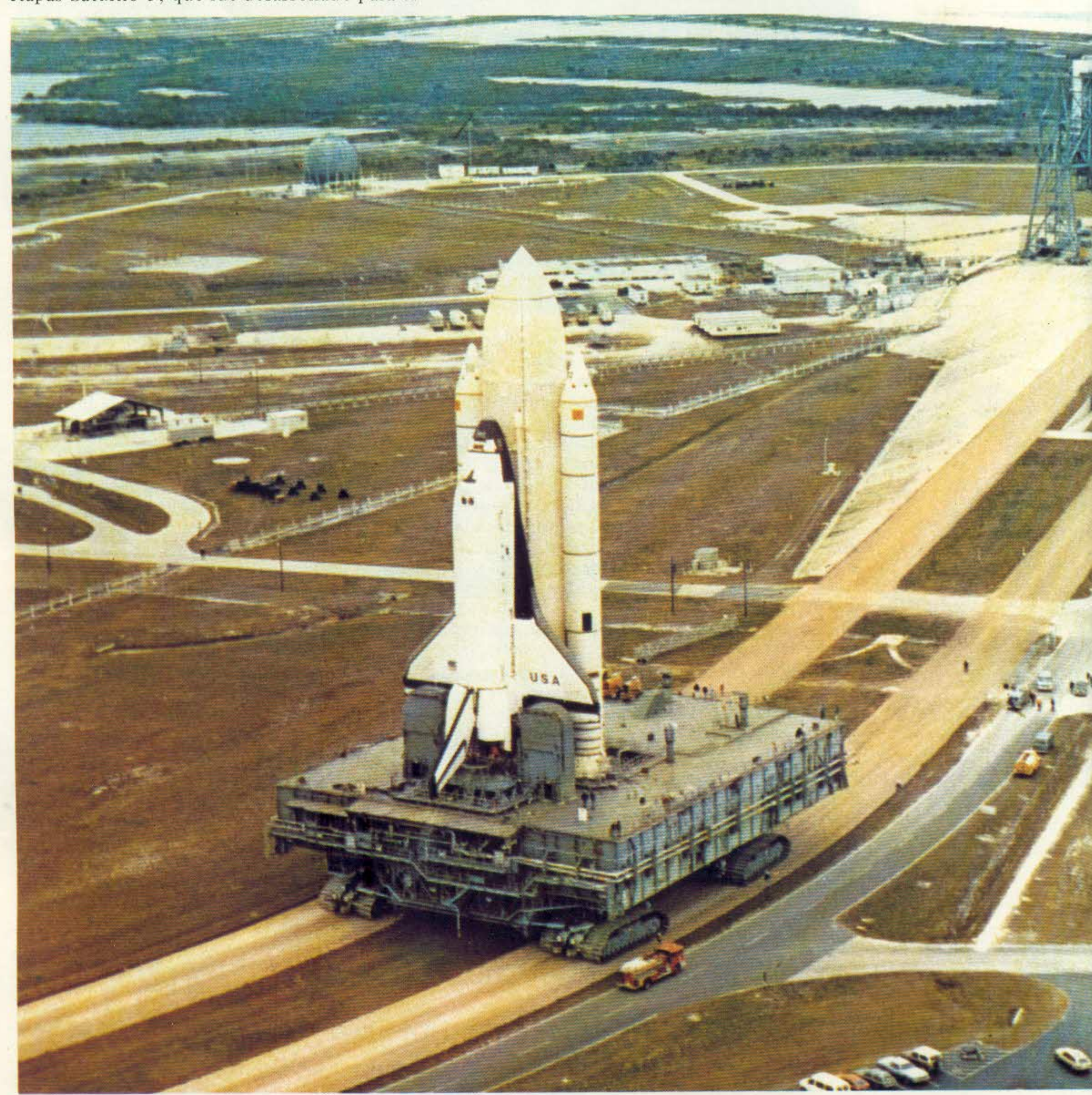
El North American X-15 es probablemente el avión más extraordinario jamás producido, dada su capacidad de operar en las fronteras del espacio exterior, transformándose casi en un auténtico vehículo espacial. Muchos de los pilotos que lo tripularon obtuvieron de él las enseñanzas básicas para su formación como astronautas.

Los orígenes y motivaciones de la Lanzadera Espacial

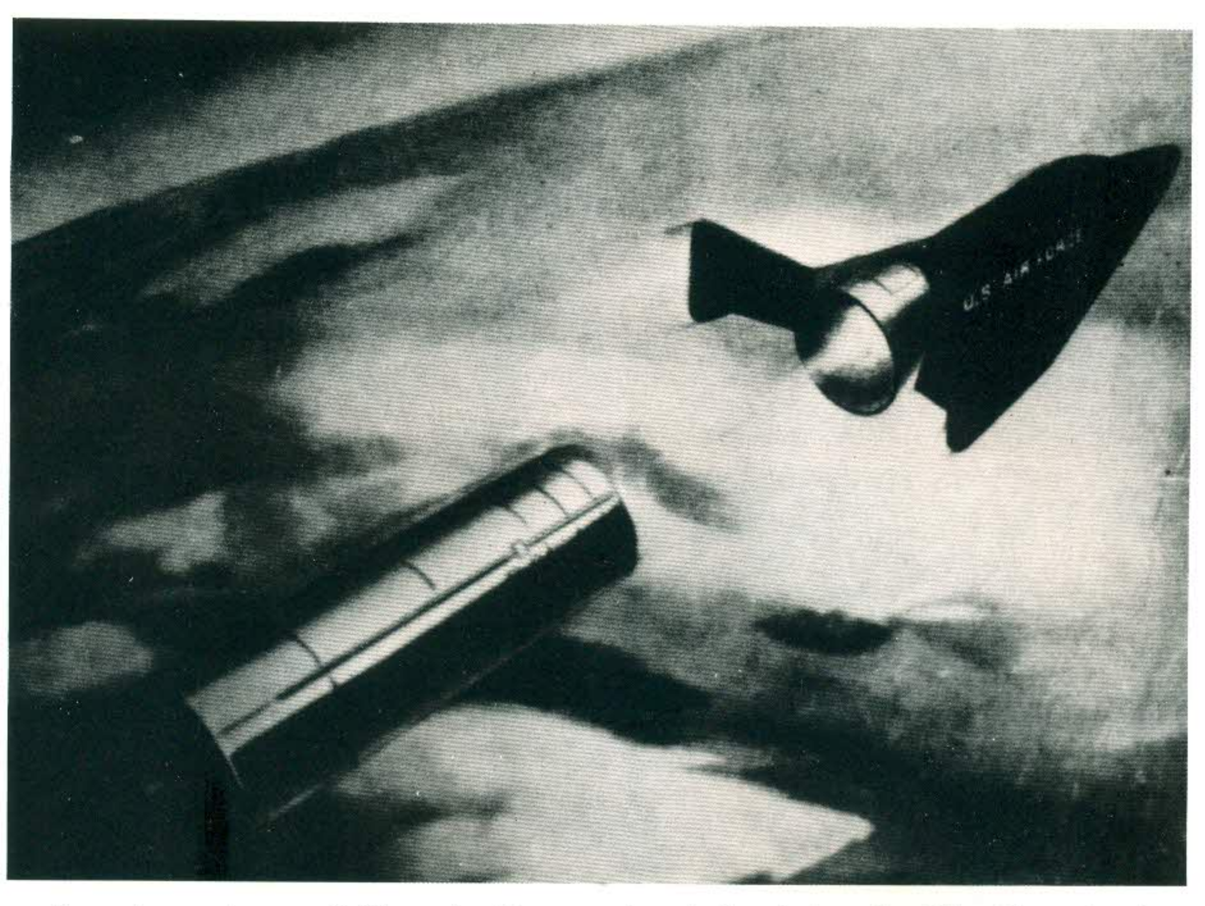
Desde los primeros Sputnik a los vehículos utilizados para llevar hombres a la Luna, los sistemas de lanzamiento dependían de cohetes cuyas etapas se destruían o perdían tras haber cumplido con su misión de impulsar el módulo principal. Con el incremento de la actividad espacial en las últimas décadas, la necesidad de mejorar las técnicas de lanzamiento ha pasado a un primer plano.

El mayor y mejor ejemplo de la filosofía norteamericana de sistemas convencionales de lanzamiento se resume en el lanzador de tres etapas Saturno 5, que fue desarrollado para el proyecto Apolo de alunizaje tripulado. Las dimensiones y prestaciones de este acelerador son impresionantes. El conjunto completo Apolo/Saturno medía 111 metros de longitud, o si se quiere, 18,3 metros más alto que la Estatua de la Libertad en su pedestal; este monstruoso acelerador podía, el solo, poner en órbita, de una sola vez, a la totalidad de los anteriores vehículos espaciales norteamericanos.

Más de 250.000 diseñadores e ingenieros trabajaron en las pruebas estáticas y en los 15 ejemplares pedidos por la NASA, y un total de más de 2.000 grandes y pequeñas empresas subsidiarias fueron requeridas para suministrar componentes.



El Boeing X-20 Dyna-Soar fue abandonado por la US Air Force en 1963, antes de que tan siquiera comenzaran las evaluaciones en vuelo. Previsto para ser lanzado por un Titan 3C, este vehículo monoplaza se basó en los principios establecidos por el ingeniero austríaco Dr. Eugen Sänger veinticinco años antes.



La primera etapa o S-1C producida por Boeing, medía 42,1 metros de altura y 10,06 metros de diámetro. Tenía un peso neto de 139.255 kg. y contenía alrededor de los dos millones de kilos de oxígeno líquido y keroseno. Los cinco motores Rocketdyne F-1 estaban instalados en una disposición en cuadro, es decir, cuatro de ellos en los vértices de un supuesto cuadrado, y el quinto en el centro. Los cuatro motores exteriores estaban montados sobre suspensores cardánicos y podían ser orientados a fin de proporcionar control vectorial. El empuje sustentante total ascendía a 3.400.000 kg.

La segunda etapa o S-II, producida por North American Aviation, proporcionaba 453.590 kg. de empuje. Medía 24,7 metros de largo y 10,06 metros de diámetro y estaba propulsada por cinco motores Rocketdyne J-2 que quemaban oxígeno e hidrógeno líquido.

La tercera etapa o S-IVB fue producida por McDonnell-Douglas Corporation. Su longitud era de 17,7 metros y su diámetro de 6,67 metros, contenía 104.330 kg. de oxígeno e hidrógeno líquidos e incorporaba un solo motor J-2 de 90.720 kg. de empuje.

Cada Saturno 5 costaba alrededor de los 175 millones de dólares, más otros diez millones en concepto de sistemas logísticos criogénicos lunares. Este montante total venía a suponer que cada kilo lanzado a la Luna costaba 14.000 dólares (unos 9 millones de pesetas al cambio de la época).

Para buscar soluciones que mejoraran las deficiencias de estos sistemas de aceleradores, se empezó con el diseño de vehículos lanzadores ideados según principios modulares, empleando la máxima simplificación en los sistemas básicos y se empezó a estudiar la posibilidad de etapas parcial o totalmente recuperables.

La dificultad de recuperación de los cohetes balísticos convencionales entró en fase de estudio a fin de comprobar la viabilidad de decelerar y hacer regresar la primera etapa, S-IC, de los últimos modelos de Saturno 5. Un amplio espectro de posibles sistemas de recuperación de esta etapa de 42,1 metros empezó a ser investigado por Boeing Company y por el Marshall Space Flight Center de la Nasa. Entre los sistemas sometidos a análisis había desde alas fijas, paracaídas, globos de hidrógeno, frenos de resistencia aerodinámica, paracaídas deslizadores y sistemas de rotores paracaídas. El método más simple y ligero, que ofrecía mayor ahorro en tiempo y dinero, era el de amerizaje, que incorporaba frenos aerodinámicos y paracaídas. Previendo una cadencia de 60 lanzamientos en un período aproximado de 10 años, el total de recuperaciones suponía un ahorro de 500 millones de dólares, contando con que cada etapa podía ser relanzada otras tres veces por lo menos.

El sistema de recuperación funcionaba más o menos así: después de que la etapa se separaba y antes de que las fuerzas aerodinámicas empezaran a actuar en la reentrada en la atmósfera, la dirección del morro del S-1C era mantenida por cohetes. Cerca del apogeo de la trayectoria de la etapa, los frenos se abrían a 45 grados, aumentando la resistencia al avance y mejorando la estabilidad. Otro tipo de deceleración venía dada por el obtuso morro de la etapa, formado por el carenado final del depósito de oxígeno líquido que estaba protegido

térmicamente con material ablativo. La presión en el depósito de oxígeno podía ser incrementada para mejorar la rigidez estructural en la reentrada atmosférica.

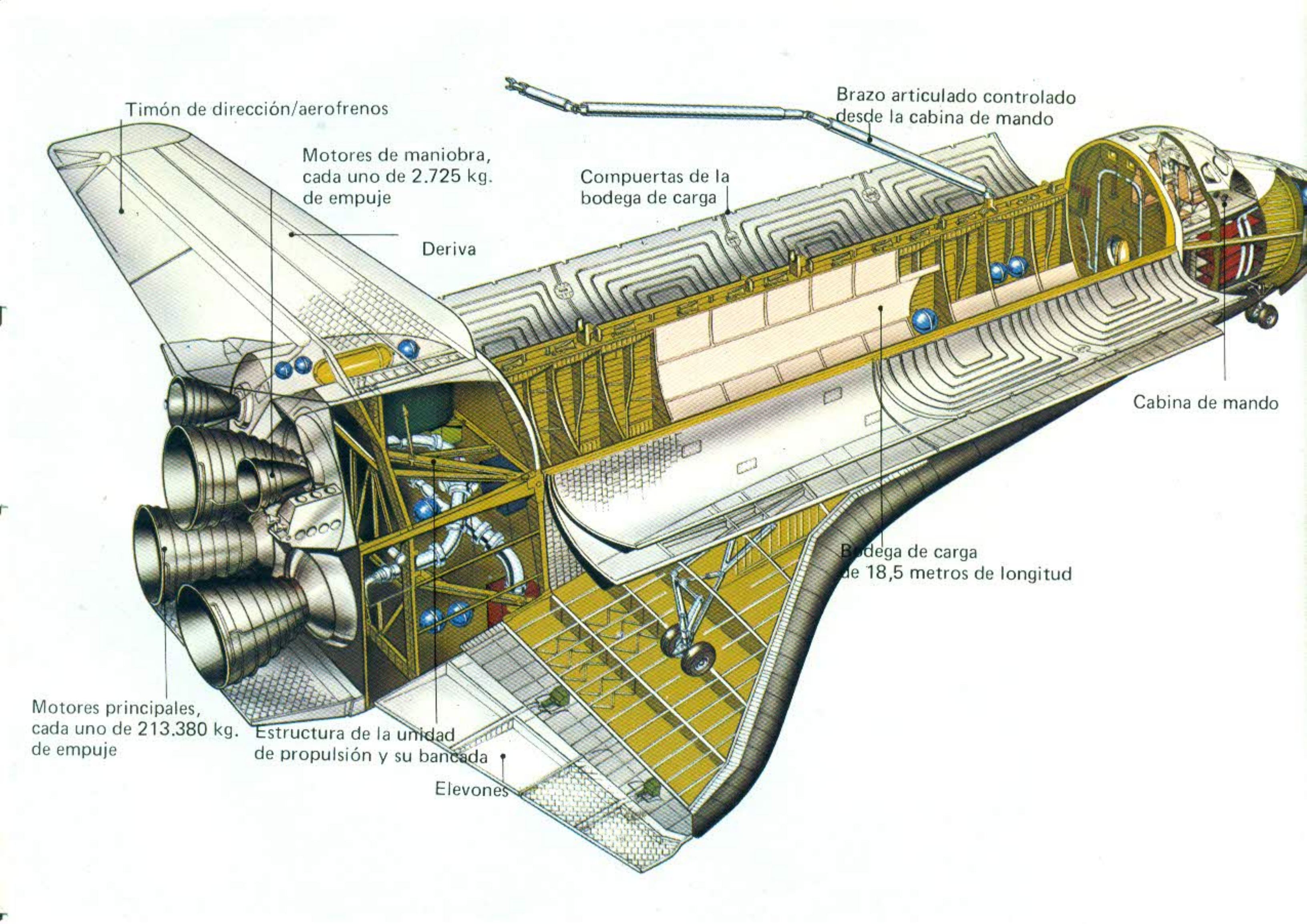
Mientras descendía hasta los 9.754 metros, la etapa se desplazaba a una velocidad próxima a la del sonido. Casi inmediatamente, a una velocidad aproximada de 283 metros por segundo, se abrían cuatro paracaídas piloto de 1,82 metros de diámetro, y al llegar a unos 9.000 metros, entraban en acción otros cuatro paracaídas de 13,7 metros de diámetro. Finalmente, hacia los 450 metros, se abrían los cuatro paracaídas principales, cada uno de 36,6 metros de diámetro.

El S-IC descendía lentamente hacia el mar y hacia los 150 metros, el depósito de oxígeno líquido se separaba por explosivos, abriéndose conductos de ventilación en la sección trasera del depósito de manera que cuando impactase en el agua a 30 metros por segundo, actuase como un amortiguador neumático. Tras el amerizaje, el S-1C giraba lentamente en el agua hasta adoptar una posición con el motor hacia abajo, consiguiendo así una flotabilidad estable y quedando listo para ser recuperado por un buque especialmente preparado para tal fin.

La corrosión del agua marina en los componente vitales podía ser evitada de varias formas. Una pintura especial a base de resinas epoxídicas podía ser aplicada para proteger al conjunto en permanencias a la intemperie superiores incluso a los quince días. Boeing aceptó el que sólo algunos componente como los conmutadores y los circuitos debían ser reemplazados. Pero, de acuerdo con los estudios, la mayoría del equipo eléctrico y electrónico podía ser perfectamente aislado y reutilizado tras ser lavado con agua clara y limpiado con alcohol.

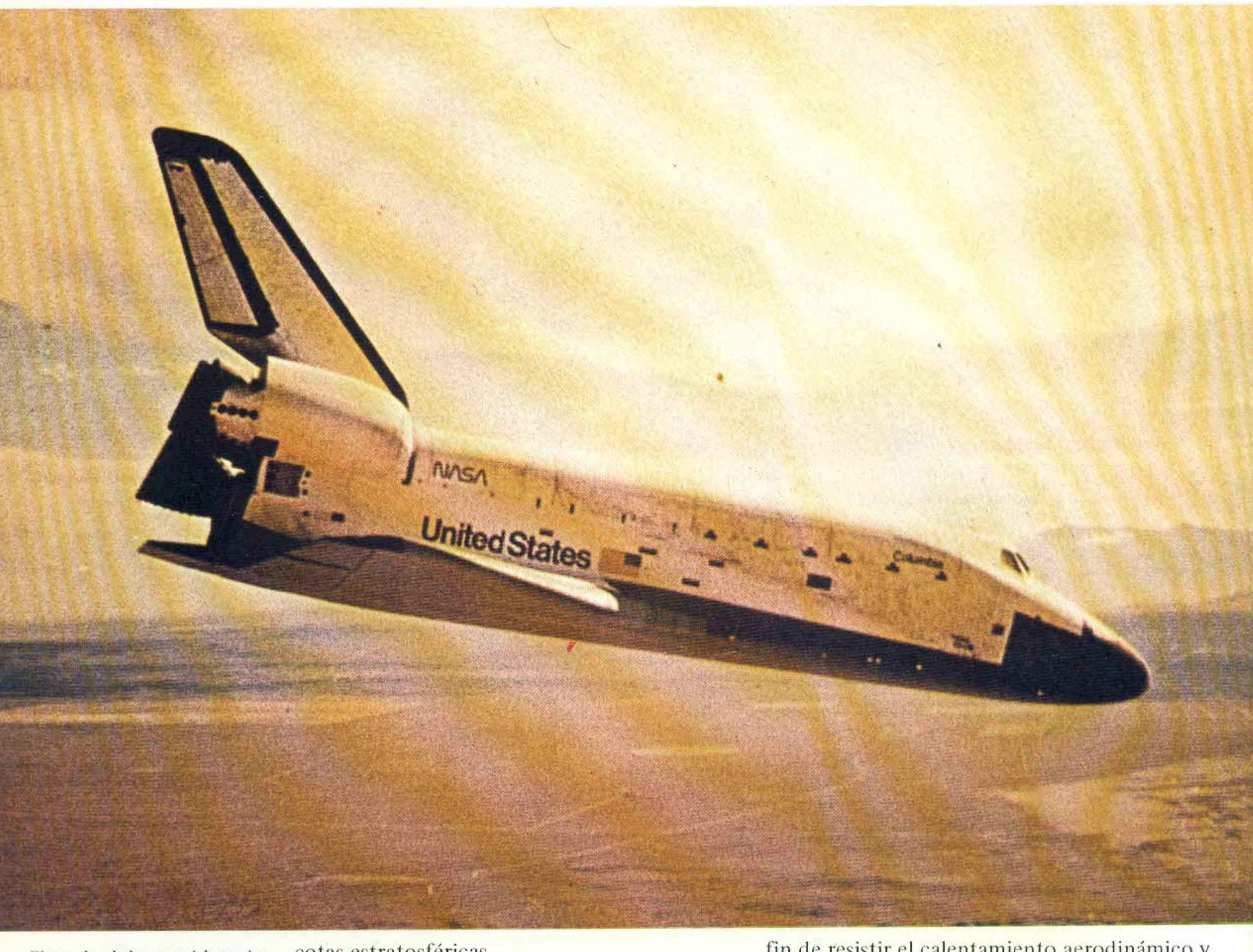
El peso total del sistema de recuperación de la etapa, incluyendo cuatro aletas, frenos aerodinámicos, unidad de control de reacción y paracaídas oscilaba hacia los 22.000 kg., comparados con las 165 toneladas del peso en vacío de la etapa.

Este, desde luego, no era el único sistema de recuperación de etapas aceleradoras y, al igual que la mayoría de los conceptos originales en el campo de la astronáutica, la idea del transporte cohete tuvo su génesis en Europa. En 1933, el Dr. Eugene Sänger esbozó una propuesta al respecto en su libro *The Technique of Rocket Flight*, en el que preveía velocidades de vuelo del orden de los 2.600 km/h. a



Fase de instalación del Space Shuttle sobre el Boeing 747 modificado.


NASA
905



El transbordador espacial aterriza a su regreso a la Tierra como un avión convencional. El 12 de agosto de 1977 tuvo lugar el primer vuelo libre del Orbiter, separándose del 747 a 7.300 m. de altura.

cotas estratosféricas.

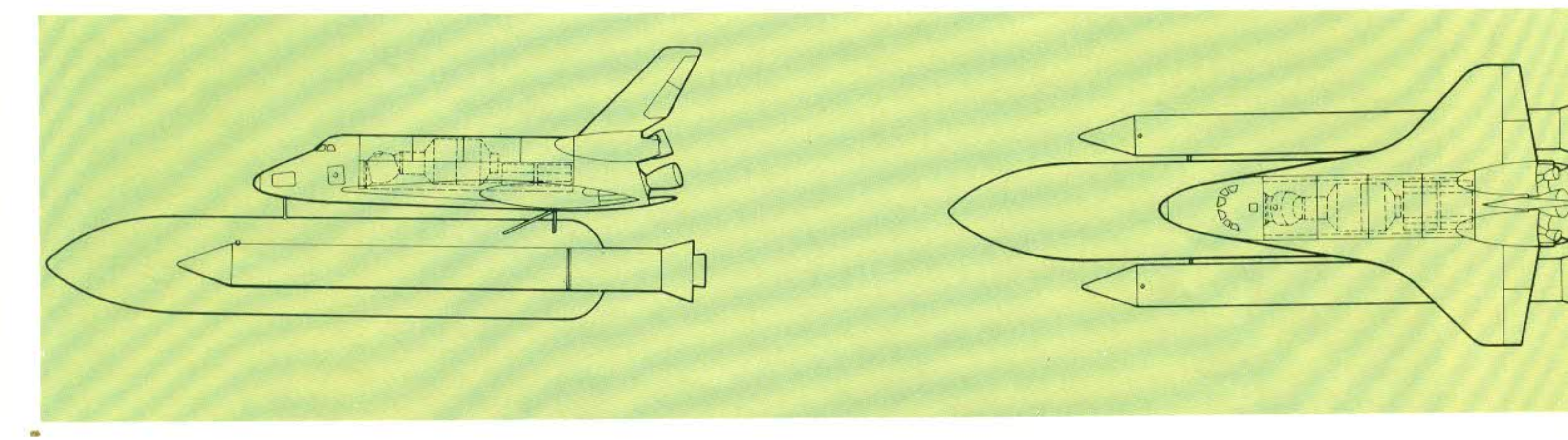
La idea básica de un avión cohete capaz de aumentar su alcance planeando a elevadas velocidades en la atmósfera superior persiguió a Sänger a lo largo de toda su vida. Antes de la Segunda Guerra Mundial Sänger dejó Viena al ser requerido para integrarse en el Instituto de Investigaciones de las Técnicas de Vuelo por Cohete, en Trauen, Alemania, donde sus ideas fueron considerablemente apoyadas y mejoradas con vistas a la obtención de un "bombardero cohete antípoda". Las investigaciones se iniciaron en este pequeño establecimiento, llevadas a cabo por un equipo que incluía a la notable matemático Dra. Irene Bredt, que acabaría siendo la esposa de Sänger. Pese a que estos estudios fueron cancelados en 1942, sus conclusiones básicas dominaron la tecnología aeroespacial durante una generación.

El proyecto había empezado con la construcción de laboratorios, talleres, edificios, de evaluaciones y un edificio administrativo. Este elaborado programa experimental se encaminó a probar la tecnología básica para un avión cohete de diseño revolucionario. Sus alas y fuselaje eran enteramente planos en el intrados a fin de resistir el calentamiento aerodinámico y para que la nave aumentara su alcance planeando a altas velocidades en las capas superiores de la atmósfera.

Se previó que un lanzador cautivo impulsara el avión cohete a lo largo de un rail de 2,9 km. de longitud. Al final del recorrido, el impulsor cautivo frenaría, soltando al avión cohete que despegaría a una velocidad de Mach 1.5, sustentándose gracias a sus planos y su fuselaje y trepando en un ángulo de 30 grados. Tras haber alcanzado una cota de 1.676 metros, el cohete del aparato se encendería para proporcionar una trayectoria de vuelo balístico que se prolongaría 161 km. en el espacio.

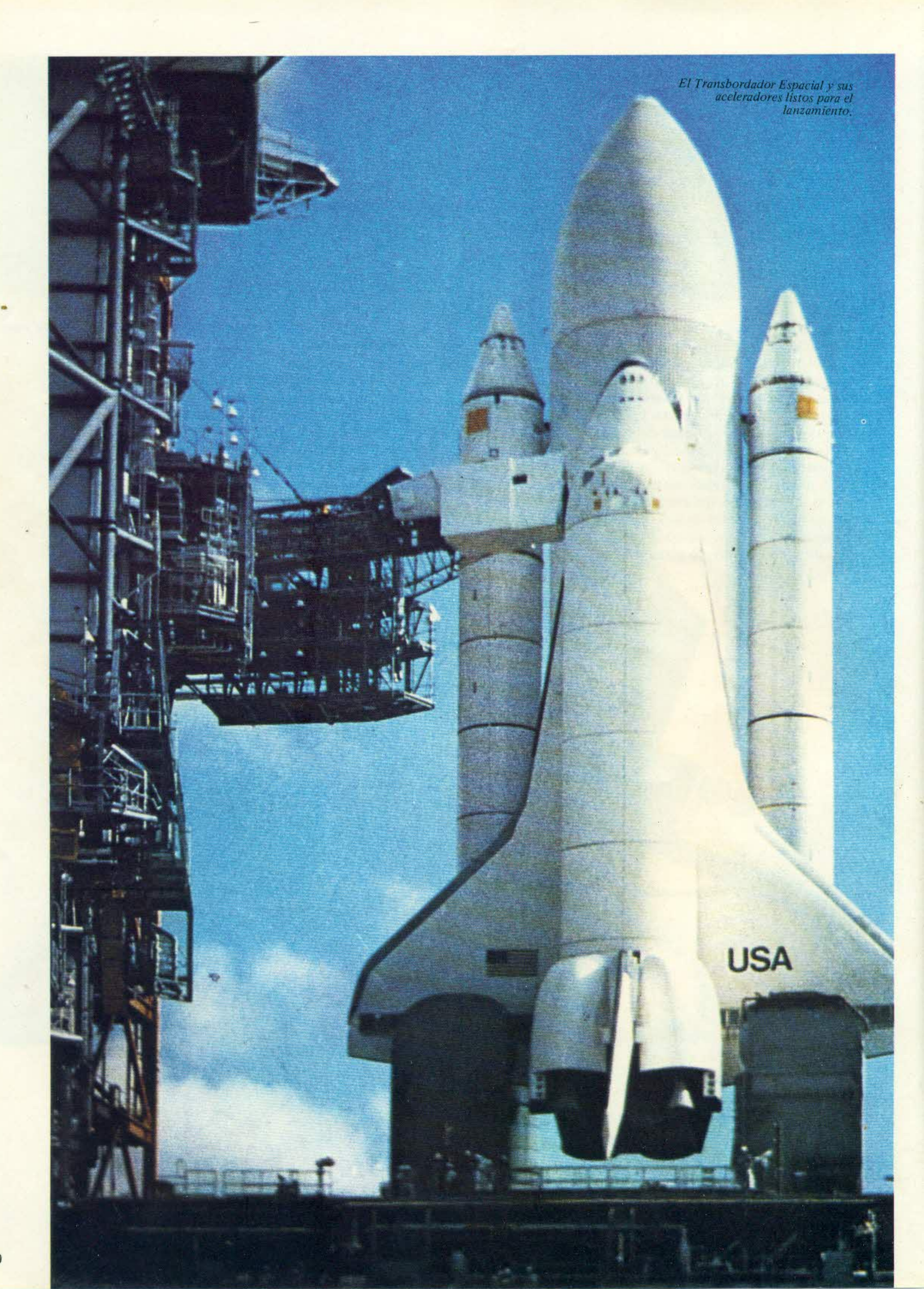
Después, cuando debiera reingresar en la atmósfera terrestre, el aparato podía aumentar su alcance gracias a la técnica de deslizamiento, siguiendo una trayectoria parecida a la de las ondas, por el decrecimiento de amplitud de las mismas, en la periferia de la atmósfera efectiva. En este punto, el recalentamiento friccional era absorbido para ser re-irradiado al espacio por el recubrimiento metálico del aparato.

Sänger comprendió que la mayoría de los grandes problemas fundamentales debían ser



Perfil y planta del Orbiter y sus aceleradores.

resueltos antes de que su ambicioso proyecto pudiera ser llevado a cabo, marcando 10 áreas principales de estudio que requerían investigación detallada: (1) fuerzas aerodinámicas y configuraciones estructurales para números de Mach entre 3 y 30; (2) fluídos gaseosos con conversión química simultánea del medio fluído; (3) fuerzas en amplio deslizamiento libre de las moléculas; (4) investigación de combustibles (en particular la combustión de metales ligeros y la dispersión y propiedades del ozono líquido; (5) estudios de materiales (especialmente para las bombas de oxígeno líquido y cámaras de combustión de altas prestaciones; (6) construcción de una turbobomba accionada por vapor a alta presión, para el combustible y el oxígeno; (7) construcción de un dispositivo de encendido para el motor cohete; (8) desarrollo de una cámara de combustión para gases a temperaturas extremas, y a unas presiones gaseosas de entre 50 y 100 atmósferas, con paredes refrigeradas por agua y refrigeración por vapor interno, y un empuje de 100 toneladas; (9) desarrollo de un sistema de catapultaje supersónico para un avión cohete



El Transbordador Espacial y sus aceleradores listos para el lanzamiento.

de largo alcance; (10) desarrollo de las teorías matemáticas y los cálculos de trayectorias.

Antes de que los trabajos de Sänger fuesen cancelados en 1942, pudo probar varios motores experimentales de oxígeno líquido y gasóleo, con un empuje de una tonelada, empleando un sistema de refrigeración contínua por agua basado en una serie de conductos que envolvían estrechamente la totalidad de la cámara de combustión. La presión de combustión alcanzó la cifra sin precedentes de 100 atmósferas.

Los trabajos progresaron lo suficiente como para llegar a comenzar la construcción de una cámara a tamaño real que alcanzase las 100 toneladas de empuje, y la construcción de una maqueta del sistema de refrigeración que consistía en un principio de estrechos conductos de refrigerantes. Una bomba de oxígeno líquido que alcanzara un suministro de cuatro litros por segundo a una presión de 150 atmósferas se encontraba también en desarrollo. Para apoyar estos experimentos, el Instituto dispuso del mayor depósito de oxígeno líquido que había en Alemania, con una capacidad de 50.000 kg. Cuando acabó la Segunda Guerra Mundial, las avanzadas ideas de Sänger y su equipo fueron minuciosamente investigadas, incluso por los ingenieros soviéticos. La mayoría de las agencias gubernamentales y varias empresas privadas se concentraron en detallados estudios referentes a sistemas de lanzamiento total o parcialmente recuperables. Perseverando en la línea de trabajo que Sänger había iniciado en Alemania, los esfuerzos se centraron en la aplicación de impulsores convencionales en confifuraciones de varias etapas. El mayor defensor americano de estas teorías era el Dr. Walter Dornberger, que había sido el primer director de Peenemünde, y que se había convertido en asesor de Bell Aerospace Company durante los primeros años de la posguerra. Pero la tecnología (particularmente la necesaria para enfrentarse a los problemas de las estructuras alares y de las células resistentes al recalentamiento) no estaba preparada para producir los componentes y maquinaria precisos. La carga que estos vehículos podían poner en órbita era muy pequeña en comparación con el peso del conjunto al despegue y para el reducido número de lanzamientos que en un principio estaban previstos, resultaba más fácil y barato proceder mediante cohetes no recuperables.

El camino a recorrer por los conceptos operacionales más racionales se estaba mostrando largo y arduo.

El primer intento para conseguir los componentes precisos para un vehículo hipersónico que siguiera los postulados establecidos por Sänger fue llevado a cabo por la Boeing Company de Seattle, bajo un contrato de la USAF; este proyecto fue el X-20 Dyna-Soar. El nombre resultaba de la simple contracción de los términos "dynamic" y "soaring" (vuelo a vela), lo que significaba que, en un viaje circular alrededor de la Tierra, el vehículo podía emplear tanto las fuerzas centrífugas como las de sustentación aerodinámica. Después de una misión orbital, estaba previsto que el avión descendiera en un dilatado planeo, gracias a sus alas delta y con una combinación de mandos aerodinámicos y de reacción que le suministrarían sustentación y capacidad de maniobra. Debido a las excepcionalmente altas relaciones de recalentamiento que la nave iba a encontrar, ésta precisaría del empleo de materiales absolutamente nuevos y revolucionarias técnicas estructurales.

Tras iniciar serios estudios referentes a los problemas de los vuelos hipersónicos, Boeing invirtió más de 7.000 horas en investigaciones independientes en evaluaciones en túneles aerodinámicos. De todo este montante en horas, más de 3.500 fueron dedicadas a las investigaciones sobre el número 15 de Mach.

Las diferentes configuraciones evaluadas iban desde cápsulas de baja relación sustentación-resistencia y recuperables con paracaídas hasta vehículos recuperables por alas de geometría variable. Uno de los proyectos incorporaba unas alas de geometría variable que a velocidades hipersónicas adquirían la apariencia de cola de golondrina, pero que se desplegaban el aterrizar.

Sin embargo, las configuraciones que desde un principio recabaron mayor interés en la NASA y en la USAF fueron las de simples ingenios sin alas, con controles por reacción y que incorporasen un mínimo de superficies aerodinámicas. Los ingenieros de Boeing insistieron en que ésta era una exageración negligente, dado que un zueco podía ser orientado a través del aire simplemente inclinándolo lateralmente. Sus estudios mostraban que la guía tanto longitudinal como lateral podía ser llevada a cabo sólo controlando el ángulo de inclinación lateral.

La electrónica para el control de vuelo del Dyna-Soar fue suministrada por Minneapolis-Honeywell. La mayoría de estos equipos estaban basados en los que ya habían sido desarrollados y probados en otros vehículos espaciales. Por ejemplo, la plataforma inercial era la misma que se usó en el Centaur, cuyos gyroestabilizadores llevaban algunos años en producción. Otro equipo vital, incluyendo el transformador digital y el suministro de potencia, un sistema de guía computerizado y un sistema automático de control de vuelo, estaban aún en desarrollo.

Un problema mayor se planteaba al buscar un sistema de control que resultase económico en sus demandas de potencia. El sistema seleccionado hacía máximo uso de los controles aerodinámicos sólo cuando la eficiencia de las superficies aerodinámicas caía por debajo de un valor mínimo.

El punto de apoyo de este sistema de control residía en un cambiador automático de ganancia que tenía una salida inversamente proporcional a la efectividad de los mandos aerodinámicos. Cuando los mandos aerodinámicos perdían efectividad el sistema entraba en funcionamiento, desconectándose cuando se alcanzaba un segundo nivel predeterminado.

Una buena "administración de energía" es

vital en el funcionamiento de un planeador hipersónico tripulado, requiriendo un cálculo rápido y preciso entre la cantidad de energía cinética que se perdía durante la maniobra de resistencia/frenado y la energía potencia que debía retener la nave para las funciones de control. Estas energías deben ser constantemente comparadas para que el piloto consiga un máximo de descenso y maniobrabilidad en el aterrizaje.

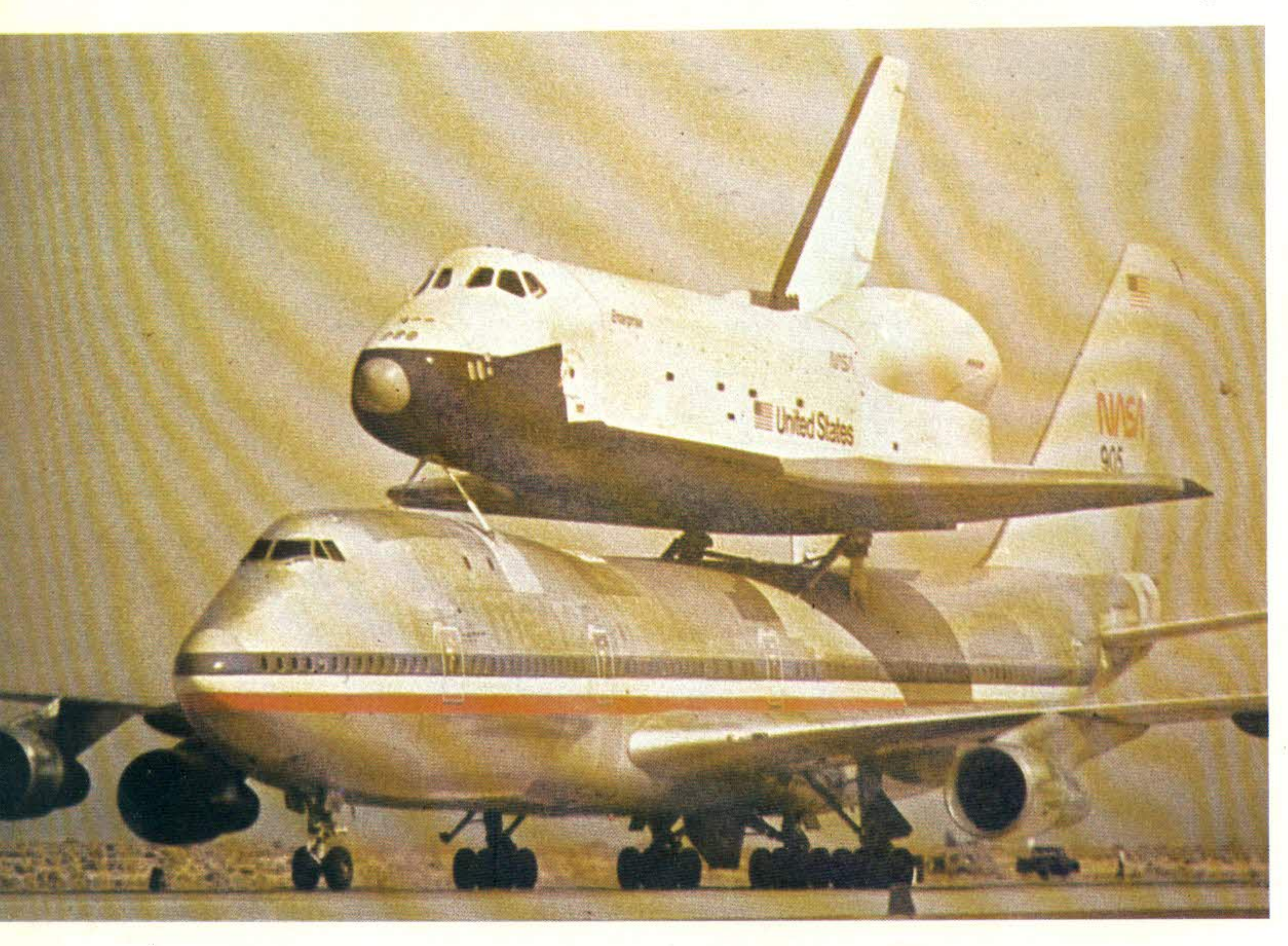
Las ayudas a la navegación para el Dyna-Soar fueron desarrolladas por General Precision, Inc. Los presentadores de administración energética parecían pequeñas pantallas de televisión montadas en el panel de instrumentos. Cada pantalla superponía diversas sendas de vuelo, dándole al piloto la posibilidad de elección de la ruta a seguir. Este sistema podía ser empleado tanto tras un despegue fallido como en el normal reingreso y en las fases de planeo.

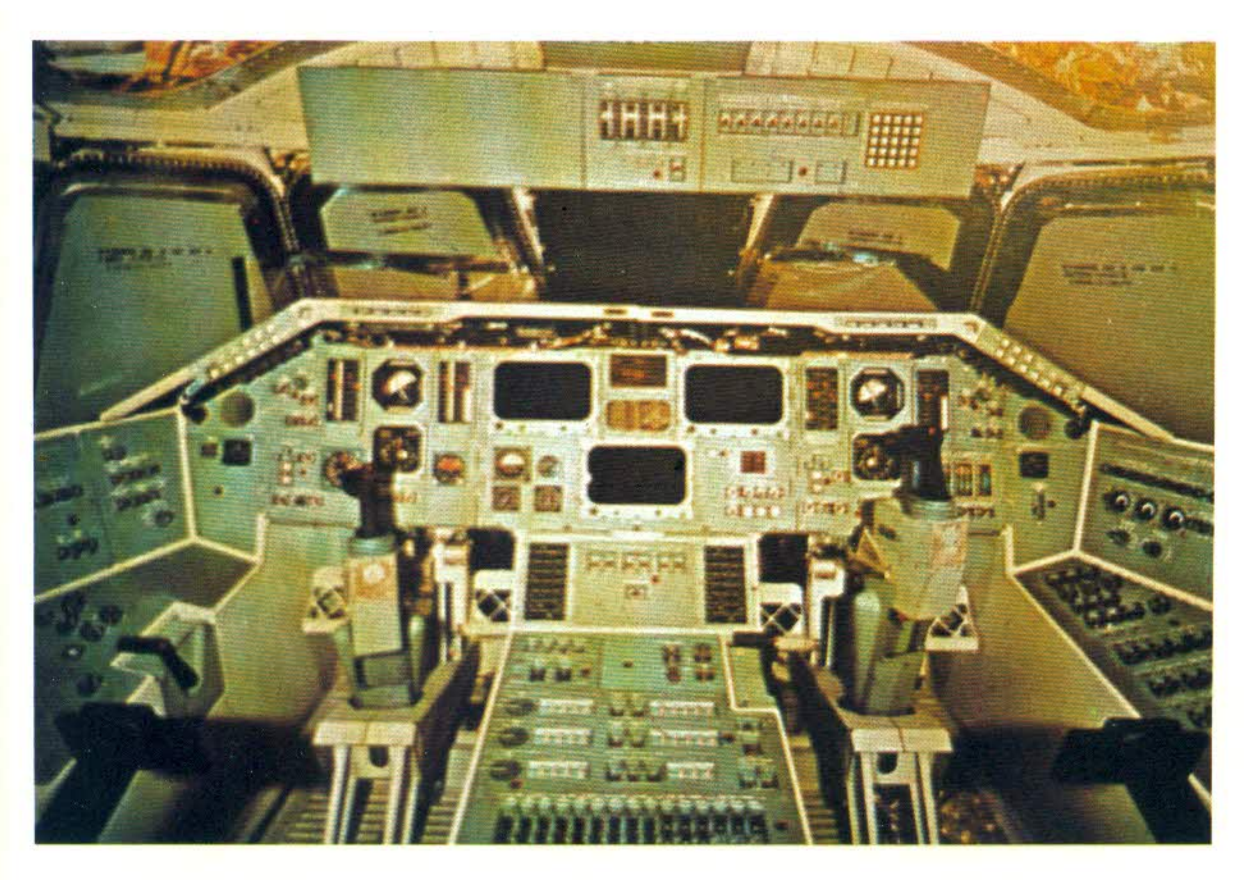
En este punto, el Dyna-Soar era capaz de acortar o alargar su alcance en miles de kilómetros y de maniobrar también miles de kilómetros hacia la derecha o la izquierda en su vuelo de planeo hacia la base. Combinando sus altas velocidades y altitudes extremas y su excelente capacidad de maniobra, Boeing afirmaba que el piloto podía escoger con aterrizar en cualquier aeródromo situado entre Point Barrow, Alaska, y San Diego, California.

Se propuso que los bordes de ataque del Dyna-Soar fuesen construidos con materiales grafíticos o cerámicos que, en la práctica, podían resistir hasta el rojo-blanco. Las partes más frías de la estructura (previstas para resistir "sólo" hasta el rojo vivo) podían ser construidas en superaleaciones tales como capas de molibdeno o de niobio. Una estructura típica de este tipo podía emplear gran número de componentes de metal corrugado, a fin de permitir un máximo grado de expansión que tendría lugar como resultado de las elevadas temperaturas. Estas expansiones parecidas a las de un acordeón podían ser complementadas con el uso de juntas de expansión entre los paneles de recubrimiento.

Posteriormente, se propuso que los vehículos de este tipo podrían ser concebidos con una pesada estructura interna con conexiones por pasadores entre las juntas para permitir mayor expansión. Con las altas relaciones de recalentamiento experimentadas en la sección delantera de la nave, se previó la utilización de un compuesto cerámico de circonio y grafito que capacitara a la sección frontal el resistir temperaturas superiores a los 1.900 grados

El Orbiter "cabalgando" sobre el Boeing 747. El 18 de junio de 1977, Fred Haise y Gordon Fullerton realizaron el último de los vuelos cautivos, destinado a habituar a los futuros pilotos al Shuttle en vuelo.





Cabina de mando del Columbia. Una ventana trasera permite al operador manipular a distancia el brazo articulado de la bodega de carga.

centígrados, materiales similares (o metales refractarios como molibdeno tratado o niobio) a los empleados en las secciones de borde de ataque.

En la factoría Boeing de Seattle empezó a construirse un Dyna-Soar a tamaño real para evaluaciones de planeo. Se previó que el modelo fuese lanzado desde un bombardero B-52 cerca de la base aérea de Edwards, California, en 1963-64, pero el proyecto fue cancelado antes de que el prototipo fuese terminado.

Las causas que hicieron cancelar el desarrollo del Dyna-Soar no sólo fueron la creciente complejidad y los elevados costos del programa sino que, de hecho, el ingenio pesaba el doble que una cápsula balística con su misma capacidad de carga.

Para solucionar esta problemática se llevaron a cabo extensos programas de evaluaciones a cargo de la NASA y la USAF, con vehículos deslizadores no tripulados lanzados por cohetes balísticos.

Los laboratorios de la NASA se pusieron a investigar sobre técnicas estructurales resistentes a las elevadas temperaturas, llevándose a cabo experimentos respecto al planeo a bajas velocidades de aparatos con fuselajes sustentantes. Para ello se construyeron maquetas de vehículos, como el NASA/Northrop M2-F2 y HL-10 y el USAF/Martin X-24A, primeramente denominado SV-5P.

El X-24A fue diseñado para velocidades superiores a Mach 2 y fue convencionalmente construido en aleación de aluminio. Este vehículo de intrados plano medía 7,47 metros de longitud y su configuración era la de un prisma triangular abulbado y redondeado en su sección superior, con derivas verticales. Su peso máximo, cargado de combustible, oscilaba en los 5.000 kg.

La propulsión primaria venía dada por un motor cohete de cuatro cámaras Thiokol XLR-11, con un empuje máximo de 3.630 kg.; los propelentes eran alcohol etílico y agua y oxígeno líquido. Dos motores Bell LLRV de 227 kg. de empuje se hacían cargo de la propulsión durante la aproximación para el aterrizaje.

Presurizada a 3,5 psi, la cabina contaba con asiento eyectable, cubierta lanzable y mandos de tipo convencional que accionaban los flaps superiores e inferiores (alerones y timones de profundidad) y dos timones de dirección.

Lanzado desde un B-52 a 13.716 metros, un modelo desprovisto de planta motriz consiguió volar durante tres minutos y medio; mientras que usando el motor cohete, el vuelo alcanzó los 15 minutos. Las maniobras de rectificación para el aterrizaje empezaban a una cota aproximada a los 300 metros y a una velocidad de entre 370 y 550 km/h.La velocidad al aterrizaje variaba desde los 260 a los 570 km/h.

Los experimentos en vuelos hipersónicos fueron llevados a cabo con un modelo a escala del Martin SV-5D Primo de fuselaje sustentante y consiguieron renovar los ánimos de la USAF respecto a los "vehículos espaciales multifuncionales y reutilizables". Pese a que los dos primeros modelos se perdieron en el mar, fue posible obtener buenos datos telemétricos que mostraron que habían retenido la integridad estructural durante el vuelo estable.

El tercer vehículo fue lanzado el 19 de abril de 1967 y brillantemente "repescado" en el aire por un C-130 y devuelto para ser detenidamente examinado. A pesar de que había volado casi a velocidades orbitales tras se-

pararse del acelerador Atlas SLV-3, lanzado desde la base de Vandenberg en California, el vehículo se encontraba en condiciones bastante satisfactorias.

Respecto a estos tres vuelos experimentales, el coronel C. L. Scoville, director del programa START de la División de Sistemas Espaciales de la Fuerza Aérea, declaró que se había probado el reingreso en la atmósfera de un vehículo controlado aerodinámicamente; los efectos ablativos materialmente no afectaron la estabilidad y el control, y las predicciones referentes al recalentamiento habían sido plenamente verificadas. Esto se debió a la "recesión mínima" de la capa ablativa de silicona que recubría prácticamente todo el vehículo excepto las superficies altamente críticas, tales como el morro y los flaps de mando, modeadas en un material a base de carbón fenólico. Lo que se había intentado durante estas evaluaciones fue el mantener la temperatura interior durante el reingreso en unos valores que no sobrepasaran los 204 grados centígrados.

El oscurecimiento de la telemetría debido al escudo de plasma que se forma alrededor de un ingenio espacial durante el reingreso fue mucho menor de lo que en un principio se suponía. Los sitemas de guía fueron plenamente probados, el vehículo podía ser orientado fuera del plano de la trayectoria normal de descenso y volver a ella. El sistema de flap ablativo funcionó como era de esperar y los valores de la terminal de guía con base en tierra fueron totalmente demostrados.

Tras la experiencia adquirida con los fuselajes sustentantes pilotados a velocidades superiores a Mach 2, la USAF propuso el lanzamiento por cohete de un SV-5P modificado desde Cabo Kennedy. Los cálculos se basaron en la capacidad de un acelerador Titan 2 modificado de dejar al aparato orbitando para que regresara a los Estados Unidos hasta aterrizar en el Lago Seco Rogers, cerca de la base de Edwards.

En un estudio de la Northrop financiado por la NASA, ésta recalcaba la importancia de completar los datos existentes con el lanzamiento de un pequeño fuselaje sustentante pilotado para que obtuviese los últimos y necesarios datos de ingeniería para el diseño de una nave operacional a un mínimo costo. El vehículo propuesto era similar al concepto M2-F2, pero con la suficiente protección térmica como para utilizar la estructura de aleación de aluminio con cambios mínimos. El parabrisas de cristal silíceo y la cubierta podían ser protegidas con un escudo antitérmico desprendible. El piloto ejercería el mando mediante una palanca orientable en dos ejes, un asiento eyectable del tipo Gémini permitiría el escape en un posible despegue fallido y el aterrizaje en el Lago Seco Rogers podría llevarse a cabo por medio de un tren de tipo patín.

Uno de los diversos medios de control de trayectoria propuestos por Lockheed (el conocido como Sistema de Control de Vuelo por Relación Térmica o TRFCS), permitiría al piloto guiar su nave al destino deseado variando los valores de refrigeración de acuerdo con los datos térmicos suministrados por pares térmicos instalados en el escudo anticalórico.

El primer accidente registrado en un fuselaje sustentante pilotado de baja velocidad, se produjo cuando el M2-F2 se estrelló al aterrizar en el Lago Rogers en mayo de 1967. En el accidente, el piloto de pruebas de la NASA, Bruce A. Peterson, sufrió serias heridas faciales.

La nave, que realizaba su dieciseisavo vuelo, había sido lanzada desde el soporte subalar de un B-52 a una altura próxima a los 14.000 metros. Las maniobras de vuelo fueron normales hasta que, al salir de un giro, se produjo una oscilación lateral que se incrementó rápidamente en amplitud. Peterson retomó el control al cabo de 11 segundos, pero cuando se orientó para la aproximación, la nave quedó fuera de ángulo, desviada a la izquierda respecto a las líneas de la pista de aterrizaje en el lecho del lago. Al piloto se le hacía necesario empezar las rectificaciones de aterrizaje sin posteriores cambios de dirección. Este desvío hacia la izquierda le impedía emplear las señales de pista, normalmente empleadas tanto para indicar la dirección del aterrizaje como para proveer acotaciones visuales, e incluso cabía la posibilidad de una colisión con un helicóptero de salvamento que permanecía en vuelo estacionario a la izquierda de las señales de la pista. Pero eso no era todo: para agravar las dificultades de Peterson, a causa de las violentas vibraciones en el eje longitudinal, los pilotos de los aviones de escolta tuvieron que alejarse hasta una distancia de seguridad, desplazándose de la situación óptima para proporcionar las usuales indicaciones de altura al piloto del M2-F2.

Como resultado, el fuselaje sustentante completó sus rectificaciones de aterrizaje en el momento en que se interrumpía el descenso vertical y sin haber podido extraer el tren de aterrizaje. Tras rebotar, deslizarse y dar varias vueltas de campana, la nave se detuvo cabeza abajo. A pesar de la gravedad de este accidente, se decidió llevar a cabo reparaciones y modificaciones y volver a emplear el vehículo, siendo redenominado M2-F3. Dotado de una aleta central estabilizadora y un sistema de control por reacción, fue empleado en evaluaciones para investigar los problemas de estabilidad lateral y control.

Siguiendo con una serie de pruebas de planeo iniciadas en diciembre de 1966, el segundo fuselaje sustentante pilotado de NASA/Northrop, el HL-10, realizó brillantemente su primer vuelo desde un B-52 el 13 de noviembre de 1968. Es en este punto cuando también empiezan las pruebas en vuelo del X-24A, vehículo propulsado por cohete, de la USAF.

Este era uno de los diseños de avanzados fuselajes sustentantes producidos por la USAF y por Lockheed Aircraft. Perfilando el fuselaje en una configuración aerodinámica para proporcionar control tanto a elevadas como bajas velocidades, las grandes derivas que hasta el



Durante el primer vuelo operativo del Columbia se desprendieron gran número de las 34.000 losetas que constituían el revestimiento térmico. Pese a este imponderable, la misión llegó a buen fin.

momento se habían considerado necesarias en vehículos de este tipo, fueron ahora eliminadas. Esto no sólo significaba una estructura simplificada y un ahorro de peso sino que de este modo se exponía menos área superficial a las temperaturas extremas durante el reingreso. La temperatura máxima en el morro podía ser de 2.800 grados centígrados y la mitad de este valor en el fuselaje.

Propulsada por cohete para los vuelos hipersónicos en la atmósfera y en el espacio, la nave disponía de un pequeño turborreactor para las maniobras a baja velocidad y el aterrizaje; la toma de aire se encontraba emplazada delante de la deriva vertical, estando el motor alineado detrás de ella. El motor cohete, montado directamente debajo del turborreactor, estaba flanqueado por depósitos de propelente a base fluorina e hidrógeno. En unas ranuras bajo los depósitos se habían instalado alas de geometría variable que eran extendidas para asegurar bajas velocidades al aterrizaje.

Al mismo tiempo varias compañías estadounidenses investigaban completos sistemas de lanzamiento. Típico de los conceptos alados de dos etapas fue el Astrorocket de Martin Company, que empleaba un sistema de lanzamiento vertical. El peso total al lanzamiento fue estimado en aproximadamente 1,13 millones de kilos. La separación de las etapas estaba planeada para que se produjera a una altitud de 64 km. y a una velocidad de 2.682 km/seg.

Esta gran primera etapa podía efectuar un planeo de reingreso a la atmósfera y cuando la resistencia redujese la velocidad por debajo de la del sonido a 12.192 m., se encenderían unos turbofan para devolver la nave a la base, en la que aterrizaría horizontalmente. Entre tanto, habiendo cortado la propulsión a los 122.000 m., la etapa llegaba al apogeo cuando el motor era reencendido para establecer una órbita circular a 555 km. El concepto había sido desarrollado para permitir el que tres tripulantes pudiesen permanecer en órbita durante dos semanas.

Mientras, en Europa, el interés en los sistemas de lanzamiento recuperables fue revivido a principios de los 60 por el Royal Aircraft Establishment, y por algunas compañías representadas en la asociación industrial Eurospace.

Uno de los primeros estudios del RAE consideró una gran nave pilotada propulsada por una batería de estatorreactores que le confería velocidades próximas a Mach 7 a alturas de 40 km. Esta nave podía servir como plataforma de lanzamiento para un vehículo aerospacial movido a cohete capaz de aumentar la velocidad hasta los Mach 12-14 a cotas de 55 km.

En este punto, el vehículo fue considerado como un bombardero de reconocimiento, con la posible adición de una segunda etapa cohete que conferiría total capacidad orbital. Los esfuerzos de desarrollo e investigación fueron empleados en una propuesta de aparato nodriza para transportes hipersónicos en la línea del Concorde, pero los estudios fueron posteriormente abandonados.

En todo caso, en este período, Gran Bretaña estimuló el interés en la propulsión hipersónica a través de estudios en los RAE de Farnborough y Bedford, Bristol Siddeley, Hawker Siddeley Aviation, Rolls-Royce, y otros. Los trabajos incluían pruebas en túneles aerodinámicos e investigaciones sobre combustibles. Un acuerdo formal entre Bristol Siddeley y Marquardt Corporation unieron los trabajos británicos a las avanzadas investigaciones que en este campo habían desarrollado los EE. UU., permitiendo el intercambio de información y experiencias. Los sistemas de cohetes puros fueron objeto de la mayor atención.

La mayoría de los esquemas iniciales, tanto en EE. UU. como en Europa, eran disposiciones en las que el despegue era vertical, transformándose las etapas individuales en planeadores al completarse la fase de aceleración.

Junkers Flugzeug und Motorenwerke contribuyó al desarrollo de los conceptos de Sänger sobre el lanzamiento horizontal de cohetes a través de un esquema de cohete alado de dos etapas que pesaba 187 toneladas al despegue. Las estimaciones aproximadas sugirieron que esta combinación podría emplazar 2,75 toneladas en una órbita circular a 300 km. de altitud.

Sänger había investigado sobre los cohetes a vapor para conseguir una máxima economía para el acelerador cautivo, pero este sistema requería calentamiento eléctrico del agua. Volviendo un poco al entonces estado actual de las cosas, la empresa italiana Societá Transporti Missilistici, que había desarrollado un nuevo sistema de calentamiento químico barato para cohetes de agua caliente, indicó importantes abaratamientos en los costos de lanzamiento usando su método patentado.

Una variación sobre este tema, estudiada por el consorcio Entwicklungsring-Nord (ERNO), sociedad que unía a la empresa alemana al grupo francés Nord Aviation y SNECMA, preveía el despegue desde un aeródromo de un acelerador de 52 metros de longitud y 72 toneladas de empuje, que llevaba adosado debajo un largo (26 m.) componente orbital alado. Al separarse a una velocidad de Mach 7 y a una cota de 35 km., este último sería propulsado por seis motores cohete de hidrógeno líquido y oxígeno líquido; cuatro de ellos desarrollarían 35 toneladas de empuje unitario y los otros dos 0,7 toneladas, permitiendo alcanzar una órbita de 300 km.

En Gran Bretaña, el concepto del acelerador reutilizable tomó diferentes aspectos a través de los estudios emprendidos por la Preston Division de la British Aircraft Corporation, bajo contrato del entonces Ministerio de Aviación.

Tras someter a exhaustivos análisis varios proyectos y los costos relativos para poner en órbita importantes cargas útiles, el grupo empezó a examinar en detalle un inusual sistema de cohete de etapa y media, basado en el principio del fuselaje sustentante, pero empleando múltiples unidades idénticas. Denominado MUSTARD, "mostaza" (Multi-Unit Space Transport and Recovery Device) constaba de

dos aceleradores de fuselaje sustentante que se desprendían del vehículo central de configuración similar, continuando este último en la órbita prevista. Los tres componentes (a base de oxígeno líquido e hidrógeno) estaban previstos para regresar aterrizando convencionalmente.

Al ser los tres componentes prácticamente iguales, podían ser fabricados con las mismas piezas y con los mismos materiales básicos, ahorrándose de este modo importantes sumas de dinero.

Cuando los módulos quedaban emplazados verticalmente y en paralelo para el despegue, las tres unidades podían ser encendidas al mismo tiempo. En la aceleración, los dos componentes exteriores podrían recibir combustible del componente central o, en todo caso, tras la aceleración de la primera etapa, el combustible podía ser transferido de los dos aceleradores durante la fase de acercamiento orbital. A una cota cercana a los 60.000 m., se separarían los aceleradores, liberando al vehículo central para que cumpliese su misión orbital. Este podía emplazar 3 toneladas de carga útil en una órbita terrestre a 550 km. El peso en despegue de los tres vehículos se estimó en 430.000 kg., con una carga total de propelente de 340.000 kg. Cada unidad aceleradora pesaría 140.000 kg. mientras que el vehículo central vendría a pesar unos 142.000 kg.

Para posibilitar el retorno a la base de las unidades aceleradoras, existían unos turborreactores con propelente a hidrógeno y que les permitirían volar 550 km. y eventualmente tomar tierra en una pista a una velocidad de 160 km/h. El vehículo central estaba especialmente diseñado para resistir severos recalentamientos aerodinámicos durante el reingreso, pudiendo regresar a la base en un modo similar al de los dos otros componentes.

Un número de factores contribuían a la economía del concepto MUSTARD. Sólo era preciso el desarrollo de un avión básico y un motor cohete básico. Los vehículos exigían bajos pesos productivos y presentaban pocos problemas en cuanto a su disposición para el lanzamiento. Las misiones de entrenamiento eran posibles con un solo vehículo, y cada unidad por separado era capaz de vuelos autopropulsados.

Estableciendo una comparación financiera del concepto MUSTARD respecto a los demás proyectos competitivos (cada MUSTARD podía poner en órbita 2,5 toneladas de carga útil), indicaban que en unos períodos de 10 años de desarrollo y otros 10 de operaciones, el MUSTARD podía poner en órbita 5.000 toneladas de carga útil a un costo por debajo de los 4.000 millones de dólares, cifra evidentemente de 20 a 30 veces menor al del lanzamiento del conjunto Mercury/Gemini.

Este prometedor concepto británico tenía cierto paralelismo con otros que se desarrollaban en Estados Unidos, excepto que las secciones recuperables del vehículo lanzador se habían previsto alrededor de un sistema de depósitos desechables de bajo costo productivo.

La idea de los depósitos desechables aplicada a cohetes balísticos había sido estudiada a mediados de 1949 por la British Interplanetary Society. En este caso, los depósitos cilíndricos de propelente estaban divididos en su sección central por un ligero diafragma, lo que daba lugar a su separación mediante el accionamiento de una serie de dispositivos explosivos. Así, los depósitos eran eyectados lateralmente al tiempo que el cohete penetraba en el espacio exterior; pese al desarrollo de este sistema, también se investigó la viabilidad de simples depósitos lanzables.

El desarrollo de los depósitos de presión estabilizada para el ATLAS ICBM (un sistema que también había sido investigado en el BIS), dejó en suspenso la idea de los depósitos desechables hasta que fue revivida en EE. UU. a finales de los 60. Curiosamente, los estudios de la NASA fueron hechos públicos en 1968 en una lectura presentada a la British Interplanetary Society por el doctor George E. Mueller, administrador asociado de la NASA para el programa *Manned Space Flight*. Puede decirse que el origen inmediato del Shuttle como tal parte de esa exposición previa de Mueller, en la que preveía una nave de fuselaje de ancha sección, alas de planta casi delta, compartimento central de carga, deriva y timón de dirección, y tres cohetes en la sección trasera del fuselaje. Aplicando las tendencias expuestas, este vehículo despegaría verticalmente asistido de grandes depósitos de combustible que se desprenderían a medida que el conjunto se acercase a su situación orbital.

El dilatado lapso de tiempo que transcurre entre las propuestas iniciales y el comienzo de los trabajos, se debe a que por aquellos tiempos la NASA acababa de efectuar el primer alunizaje y, por tanto, se había embarcado en una serie de fantasiosos proyectos a gran escala y largo plazo. Pero a principios de la década de los 70, se fijaron a nivel gubernamental una serie de importantes restricciones financieras que obligaron a la NASA a replantear sus pasos futuros. En este punto, la NASA centró sus focos de actividad en un laboratorio espacial y, como complemento, en el Shuttle, al que consideraba como un mero "camión" dedicado al suministro y apoyo del programa del laboratorio; los elevadísimos costes de los lanzamientos convencionales hacían imposibles las contínuas operaciones necesarias para abastecer al laboratorio orbital.

A instancias de la NASA, las diversas empresas del ramo aerospacial empezaron a suministrar propuestas, que fueron tan dispares como numerosos los proveedores. Para acabar de apoyar la viabilidad de la lanzadera en una campaña de puertas a fuera, la NASA consiguió la colaboración de la Fuerza Aérea, que abogaba por los bajos costes de lanzamiento que el Shuttle haría posible en el papel de poner en órbita satélites militares de reconocimiento.

Pero de nuevo el problema de la asistencia financiera obligó a reconsiderar los trabajos de

Pruebas de túnel aerodinámico con un modelo del Shuttle. En 1976 quedó prácticamente acabado el primer Orbiter (101), que había sido contruído en la factoría Rockwell de Palmdale, y que fue bautizado Enterprisse.



desarrollo y la NASA se vio obligada a olvidarse del laboratorio orbital tripulado y, prácticamente, a desandar todo el camino que el proyecto Shuttle había recorrido hasta el momento. Esto fue así hasta el punto en que en 1971 casi se abandona por completo los estudios de la nave recuperable. Sin embargo, en enero de 1972, el presidente Nixon dio el beneplácito para que se iniciaran los estudios definitivos sobre el tema.

Naturalmente, todos estos vaivenes en el programa acabaron produciendo un buen número de cambios, tanto de orden técnico como conceptual y encaminados desde la reducción del peso neto hasta las reconsideraciones de las plantas motrices para el ahorro económico. La configuración que la nave iba adquiriendo, se basaba en un Orbiter, un depósito de combustible y propulsores. Los motores principales del Shuttle se fijaron a popa del fuselaje (de sección básicamente cuadrangular) y quemaban oxígeno e hidrógeno líquidos que son suministrados por los depósitos exteriores. Situados por encima de los motores cohete principales se colocaron otros dos pequeños cohetes que posibilitarían el manejo de la nave, por reacción, en el espacio. Cada uno de estos dos motores auxiliares proporcionaba 2.700 kg. de empuje y se abastecía del combustible transportado por el propio Orbiter.

En 1976 quedó prácticamente acabado el primer Orbiter (101), que había sido producido en la factoría Rockwell de Palmdale, y que fue bautizado Enterprise. El 17 de septiembre de ese mismo año, el Enterprise fue mostrado por primera vez al público. La sección central del fuselaje la produjo General Dynamics, las alas corrieron a cargo de Grumman, la deriva la construyó Fairchild y el ensamblaje final tuvo lugar en la factoría Palmadale, California.

Para demostrar que el Orbiter fuese capaz de aterrizar convencionalmente y sin novedad, empezaron las pruebas en vuelo de planeo final y aterrizaje, para lo cual se utilizó como nodriza un Boeing 747-100 que llevaba al Shuttle en el lomo. El 15 de febrero de 1977 tuvieron lugar las pruebas de carreteo del conjunto, alcanzando los 253 km/h. al despegue.

A continuación comenzaron los vuelos cautivos con el Orbiter sin tripulación para comprobar la respuesta aerodinámica del vehículo. Las siguientes pruebas cautivas llevaban a los tripulantes en cabina, controlando los sistemas. El 18 de junio del 77, Fred Haise y Gordon Fullerton realizaron el último de los vuelos cautivos, destinado a habituar a los futuros pilotos al Shuttle en vuelo.

El 12 de agosto de ese año, tuvo lugar el primer vuelo libre, separándose el 747 y el Orbiter a una altura de 7.300 m. Tras un vuelo de cinco minutos y medio, el Shuttle se detenía en la pista de Edwards.

Tras haberse iniciado la saga de los vuelos libres, empezó el programa de evaluaciones con experimentaciones a diversos niveles, tanto funcionales como operativos. Se emprendió la comprobación del control por computadoras, el control manual a cargo de los pilotos, pruebas de vibración, de alteración del centro de gravedad para simular vuelos orbitales, los sistemas de aterrizaje por micro-ondas, las unidades de potencia auxiliar (APU), etc.

Finalmente llegó la hora de la verdad: el Shuttle debía iniciar la fase de vuelos reales. Todo estaba a punto, las misiones previstas para un futuro más o menos cercano quedaban perfectamente delimitadas y empezaba a hacerse urgente el funcionamiento fiable del nuevo concepto. El 14 de abril de 1981 tuvo lugar el lanzamiento del primer Shuttle, tripulado por J. Young y R. Cripper, iniciándose la hasta el momento prometedora carrera de los transbordadores espaciales.

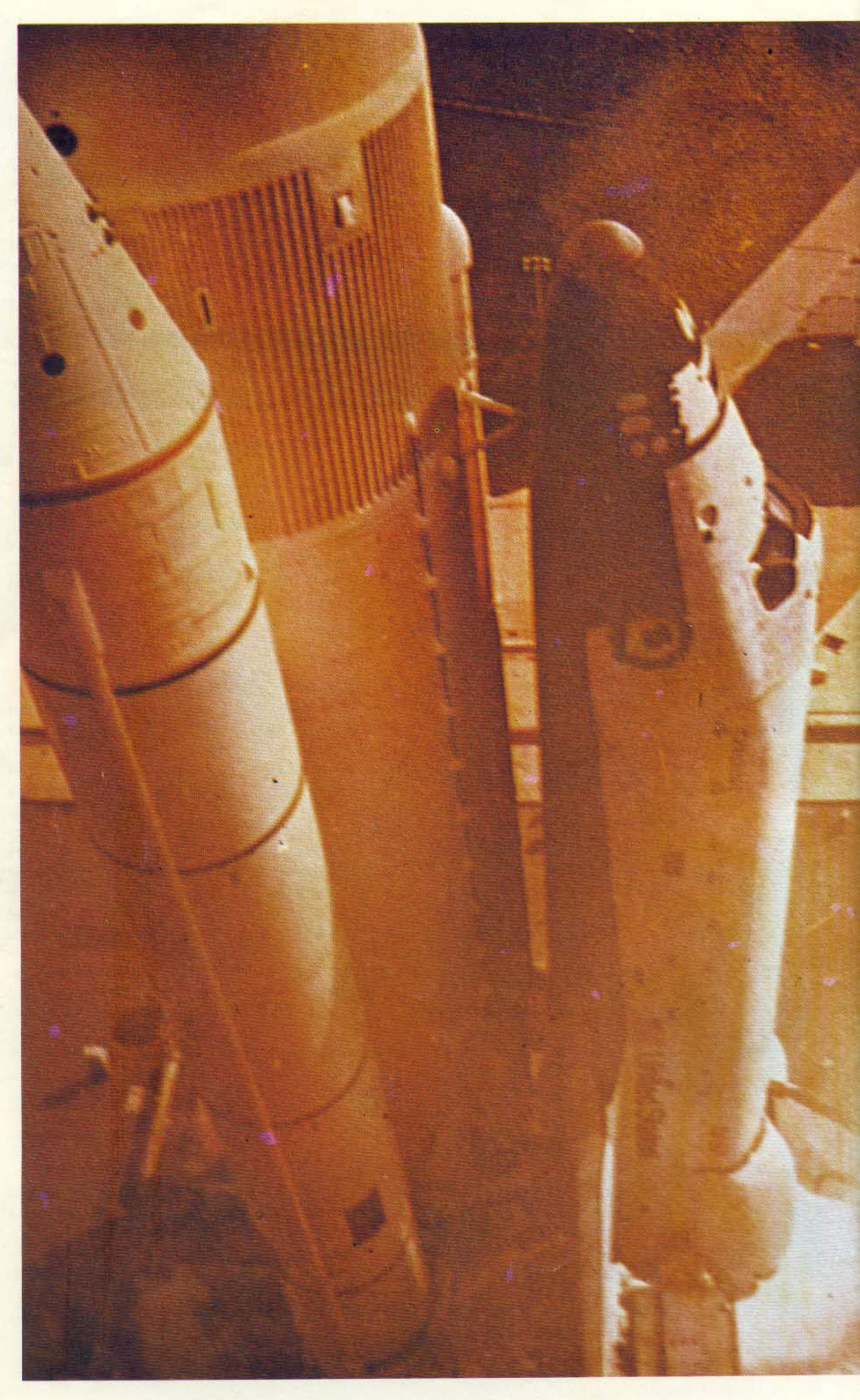
Puede decirse que el vuelo (con una duración total de 54 horas) resultó un éxito, aunque si bien se registraron una serie de malfunciones remediables y que, pese a todo, cabían dentro de las más optimistas previsiones.

El mayor número de problemas los presentó el revestimiento térmico de la nave que consiste en un escudo protector que la recubre totalmente, aislando el casco de las elevadas temperaturas encontradas en el reingreso. Durante el vuelo, se registró el desprendimiento de un buen número de las 34.000 losetas de este recubrimiento, pero que no impidieron un final feliz de la operación. El Orbiter aterrizó sin novedad. El gran paso se había dado.

Segundo vuelo del COLUMBIA

Misión llevada a cabo sólo en un 90 °/o dicen en la NASA con respecto al segundo vuelo del Columbia alrededor de la Tierra. Lanzada desde Cabo Kennedy el 12 de noviembre tras una avería en la pila de combustible fue obligada a retornar tras 54 horas en el espacio en lugar de las 124 horas que el programa original preveía. A los mandos había dos pilotos novatos para el espacio pero con gran prestigio como pilotos de pruebas.

El comandante del Space Transport System era ni más ni menos que Joe Henry Engle. Coronel de la USAF, nacido en 1932 en Abilene (Kansas) es célebre sobretodo por su vuelo experimental abordo del avión -cohete "X-15" en 1963. Con un excepcional valor, llevó a cabo tres misiones (de las 16 realizadas) alcanzando la respetable cota de 50 millas por las que en EEUU se califica a un piloto como astronauta. El segundo piloto de la nave era Richard H. Truly, capitán de la US Navy. Se podría decir que Truly estaba predestinado a la "lanzadera" porque de noviembre de 1965 a septiembre de 1969 estuvo asignado al Manned Orbiting Laboratory de la USAF como astronauta. El programa MOL era un proyecto de la aviación americana con la intención de construir y colocar en órbita para misiones exclusivamente militares una mininave colocada sobre la punta de un misil Titan 3-C. La idea, muy costosa, se convirtió posteriormente en el programa "lanzadera" de la NASA.



El Orbiter adosado a sus aceleradores. El 14 de abril de 1981 tuvo lugar el lanzamiento del primer Shuttle, tripulado por J. Young y R. Cripper.

EXPLORACION ESPACIAL Y COHETES

Segundo vuelo del COLUMBIA

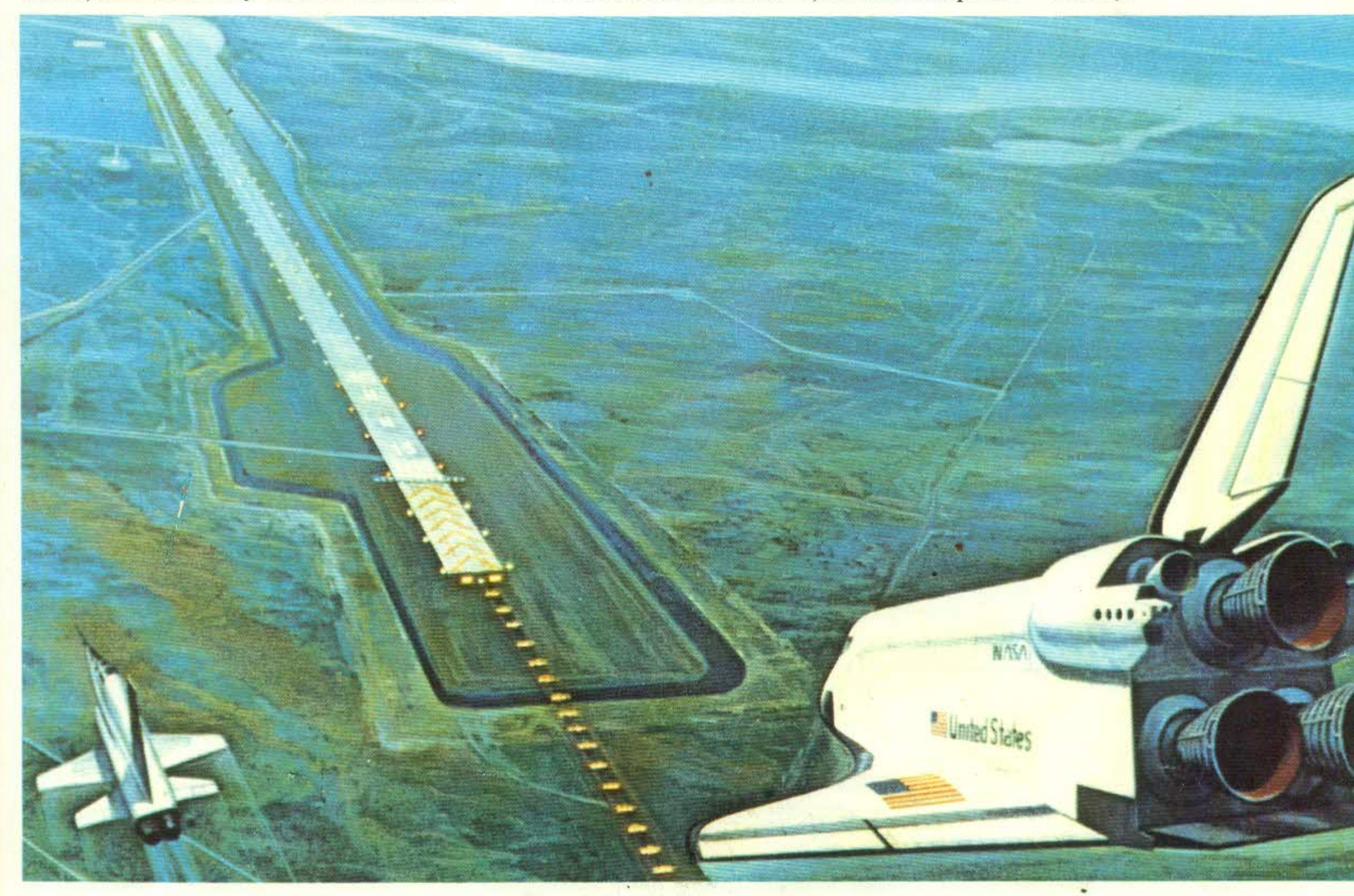
El segundo vuelo del Columbia tan histórico como el primero, porque fue la primera vez que, en la historia de la astronáutica, un vehículo espacial se utiliza por segunda vez. Realmente no se conoce cuáles son los criterios que se adoptaron en el vuelo operacional pero la estructura era la misma. Se habían cambiado los tres grandes motores sustituidos con ejemplares nuevos y los dos cohetes de combustible sólido que ayudan al ingenio de 2.000 toneladas a cumplir la primera fase de la trayectoria hacia la órbita.

Intentaremos ahora un balance de la misión. El vehículo ha sido transferido, siempre montado sobre el dorso del 13.747, a Cabo Kennedy con una etapa intermedia en la base militar de Bergstrom cerca de la ciudad de Austin en Texas. En Cabo Kennedy, el Columbia será por tercera vez preparado para el lanzamiento orbital previsto para la segunda mitad de marzo de 1982 con los astronautas a bordo, Jack Lousma y Gordon Fullerton.

La partida del Columbia el 4 de noviembre estuvo interrumpida durante 31 segundos, previos al encendido del motor. Después de 3 seg. se supo que la secuencia de lanzamiento de la cápsula automática, controlada enteramente por computadora, se reanudaba normalmente. En caso de anomalía en el sistema, la calculadora interrumpe la operación. En esta ocasión, tuvo lugar el primer " pique de opiniones" entre el fabricante y los hombres del control.

A menos de nueve minutos de la partida una señal automática avisaba de una presión anormal en los depósitos de combustible del sistema de suministro de electricidad y agua. Según los técnicos, no tenía importancia y prescindiendo del aviso, ordenaron al computador continuar el procedimiento. La máquina, tras una verificación posterior continuó avisando del riesgo. Se vería en los días siguientes que el computador tenía razón.

A los 31 segundos se produce el bloqueo total. No funciona el APU, la unidad de poten-



Impresión artística del vuelo de aproximación del Orbiter antes de aterrizar en Cabo Kennedy.

cia auxiliar. La causa del problema es una obturación del filtro por un posible escape de la hidracina que alimenta las bombas de la turbina auxiliar. La avería tarda una semana en ser reparada.

Llega el 12 de noviembre y el suspense continua. En las últimas horas surgen otros dos problemas. Uno localizado en el depósito central del propelente, se resuelve rápidamente accionando una válvula que reestablece la presión interna a sus valores normales y que en los últimos momentos volverá a alterarse.

El segundo, más complicado, se refiere a un "Pulse Code Modulator" es decir, un elemento del sistema que transmite a tierra todos los datos de funcionamiento de la nave durante el vuelo. La situación es alarmante, dado que a pesar de ser instalado un nuevo PCM de reserva traído desde Houston y destinado a otra "lanzadera", continúa sin funcionar. En el último segundo, se soluciona el problema y a las 15:11 minutos, hora española, el Columbia despega de Cabo Kennedy.

La misión debía satisfacer tres objetivos:
1) Probar la estructura del vehículo en condiciones difíciles para garantizar la solidez de la construcción de cara a situaciones de extrema emergencia.
2) Probar en órbita el Canadarm, es decir el brazo robot de 15 metros de longitud construido en el Canadá y que se utilizará para extraer el material orbital de la bodega de carga y colocarlo en el espacio y al contrario, para recuperar por vez primera una carga de aparatos científica denominada "OSTA-1" y destinada principalmente a experimentos de telecartografía de la superficie terrestre.

La importancia de este último objetivo es clara dado el interés militar y civil del tema.

Seis horas después del lanzamiento una de las tres células de combustible tuvo que ser desactivada del sistema a causa de una avería. En el centro de control de Houston decidieron tras una serie de verificaciones el retorno de la nave después de 36 órbitas alrededor de la Tierra, es decir 54 horas de vuelo, el mismo tiempo que la anterior misión en abril.

En la base de Edwards, sin embargo, las condiciones meteorológicas no eran las adecuadas, obligando a la nave a aterrizar de forma manual en la pista 15, en lugar de hacerlo como estaba previsto, de forma automática en la pista 23. La alternativa fue sugerida por el comandante Young, piloto de la Columbia I, tras un vuelo de control de las condiciones atmosféricas.

Tanto Engle como Truly conocer perfectamente Edwards por su trabajo anterior en aquella base como pilotos de pruebas pero por si se presentaran problemas posteriores o un empeoramiento de las condiciones meteorológicas se previó el aterrizaje alternativo en la base del US Army de White Sands, Nuevo México. El aterrizaje fue, pese a todo, perfecto.

En la reunión que siguió al vuelo, a la que asistieron los astronautas con un traje de color azul en lugar del de color tabaco utilizado en la misión, el administrador adjunto de la NASA para el sistema de transporte espacial, Michael Weeks, comunicó a los informadores en una conferencia de prensa las primeras conclusiones sobre el vuelo espacial.

La primera precisión se refería a la valoración que los expertos otorgaban al vuelo reducido a 36 órbitas y Weeks expuso categóricamente: "es cierto que las horas de vuelo han sido disminuidas, pero el balance completo de la misión demuestra que el 90 % del programa previsto ha sido realizado normalmente. Sólo la prudencia ha aconsejado el retorno anticipado para no correr riesgos inútiles".

Los técnicos aseguraron que para el funcionamiento perfecto de la nave bastaba una pila de combustible a pesar de existir dos con objeto de proporcionar un amplio margen de seguridad. Un poco afligidos parecían los astronautas Engle y Truly, que se habían ofrecido para intentar la reparación de la célula de combustible averiada como habían hecho con una pila gemela que había ocasionado problemas al computador de gestión.

"Hay que tener en cuenta que las averías que se han producido en el segundo vuelo del Columbia son defectos lógicos de crecimiento" añadió Weeks y es difícil no creerlo habiendo cuenta de la complejidad del sistema "shuttle". Cualquier avión necesita de un período normal de experimentación para poner a punto los diversos aparatos y sistema de la nueva máquina. También el "Space Shuttle" necesita un período de puesta a punto semejante.

Weeks expresó también la satisfacción de la NASA por el perfecto funcionamiento del Canadarm y por la cantidad de datos recogidos con el conjunto experimental "OSTA 1" alojado en un contenedor de construcción europea y perteneciente a la ESA (European Space Agency, Agencia Espacial Europea). La única prueba que no pudo concluirse fue la tentativa de observación del posible crecimiento vegetal en ausencia de gravedad. Para precisar añadiremos que el OSTA 1 comprendía siete experimentos; cinco alojados en pallet externo y dos efectuados directamente por los dos astronautas en el interior de su módulo habitable. Uno de estos dos era el cultivo de semillas de girasol. Los brotes de girasol salieron de las semillas, pero la interrupción de la misión impidió controlar su crecimiento posterior.

En el examen llevado a cabo por los técnicos tras el traslado de la nave al Hangar especial preparado en la base de Edward, se ha comprobado que las tan temidas losetas de la protección térmica no habían ocasionado ningún problema. Alguna había resultado ligeramente dañada y una de ellas, próxima al tren de aterrizaje delantero, se había desprendido completamente.

"El problema de las losetas –ha dicho sin embargo un técnico de la NASA– se puede considerar casi completamente resuelto en la actualidad".

Los responsables de la lanzadera han procedido a una sustitución gradual de las 3.500 losetas más gastadas durante el calentamiento con el roce de la atmósfera que llegó a alcan-

zar los 1.650 °C. Durante las primeras cinco misiones se sustituirán 700 losetas por vuelo.

Naturalmente, la decisión del retorno anticipado ha ocasionado entre los críticos del programa un alubión de acusaciones y objeciones casi siempre no verdaderas.

A ello ha contribuído también el hecho de que la NASA parece decidida a reducir a poco más de 30 las misiones programadas para 1985 en lugar de las 44 planificadas anteriormente. La crítica hace hincapié también en que la NASA parece obedecer cada día más a las necesidades del Pentágono. Sosteniendo el programa del transporte espacial mientras cancela otros de exploración científica interplanetaria tales como ha sucedido con el proyecto Solar Polar Mission que preveía el lanzamiento de dos sondas en colaboración con la Agencia Espacial Europea para el estudio cercano de los dos polos del Sol.

Estas reducciones son indudablemente una realidad y otra realidad son los intereses del Pentágono. Los críticos sin embargo olvidan dos cosas: la primera que, a pesar de todo el programa Shuttle es hoy y será durante 10 años el más costoso y que sería una locura económica y tecnológica abandonarlo ahora que puede comenzar a dar sus frutos. En segundo lugar, el Space Transportation System ha sido realizado para llevar a cabo un prorgrama de experimentación científica en la investigación del ambiente circundante del planeta.

¿El futuro del Space Shuttle?

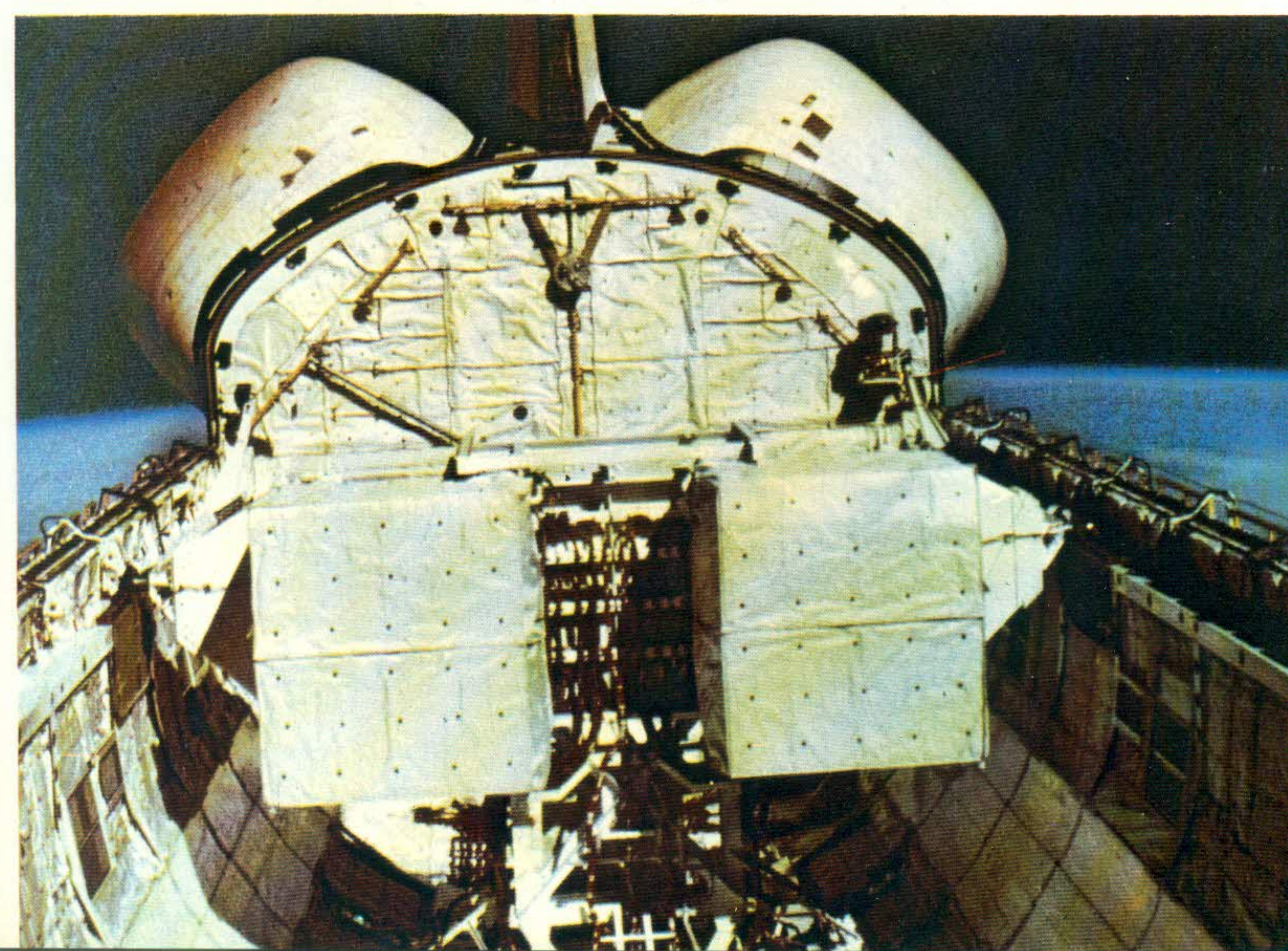
Desde que se iniciaron los vuelos de la lanzadera espacial, e incluso antes de que dieran comienzo, gran número de especulaciones (muchas de ellas sin fundamento o prácticamente extraídas de novelas de ciencia ficción) han empezado a girar sobre el tema.

Sin desproveer al proyecto de los nobles fines de la investigación espacial, parece indudable que la NASA tendrá que compensar en algún modo la "desinteresada" colaboración de la Fuerza Aérea estadounidense.

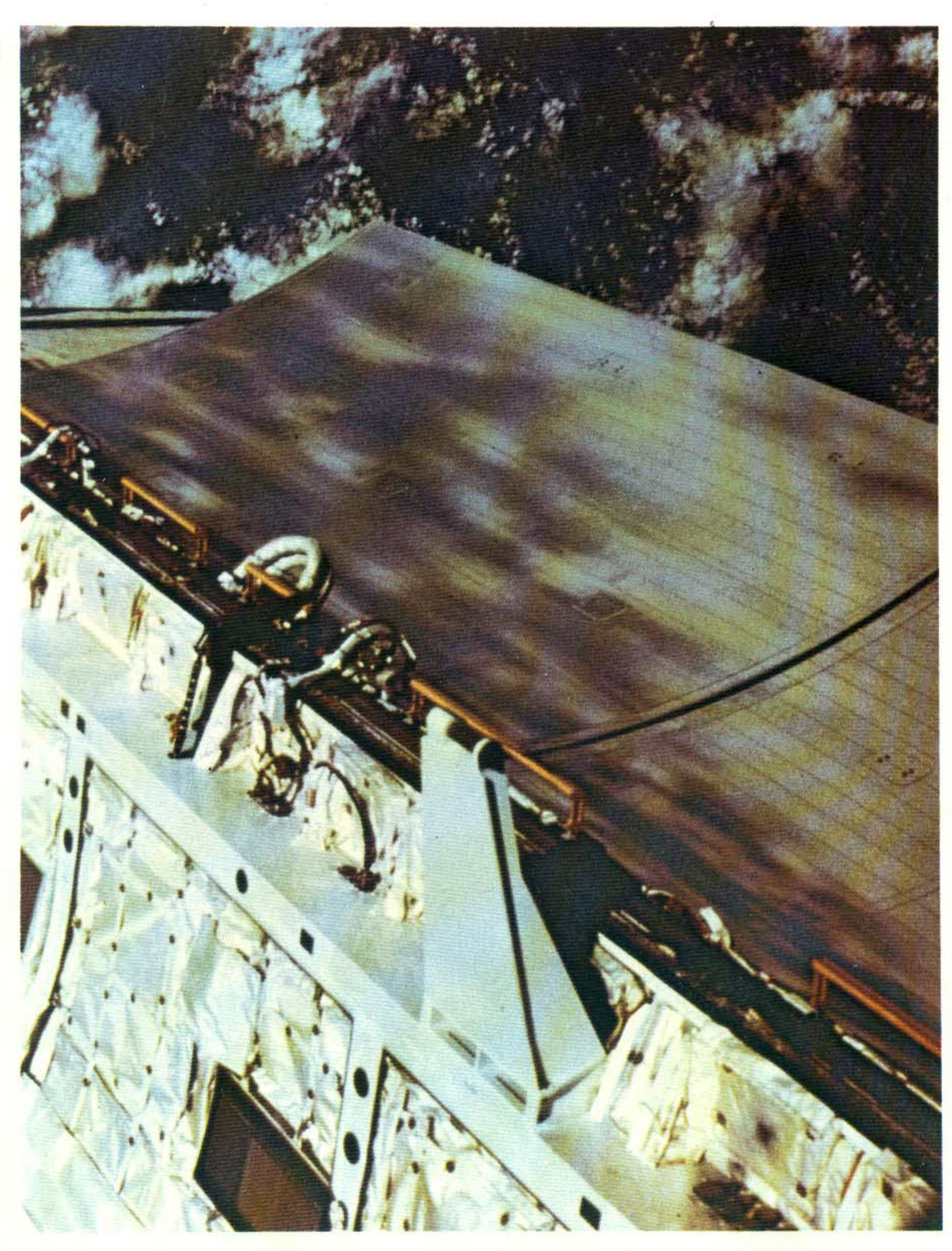
En este momento no se puede poner la mano en el fuego respecto a inminentes misiones militares de la nave, pero dado el cariz que está empezando a tomar la lucha por el espacio exterior, no se puede descartar la aparición de un Columbia "de caza".

Si establecemos un paralelismo con los albores de la aviación militar, los actuales satélites de reconocimiento sólo cumplen tareas de vigilancia. Cuando los primeros y desarmados "scout" de la Gran Guerra se encontraban en el aire, hacían poco más que saludarse. La aparición de los pomposamente llamados "satélites asesinos" soviéticos que mediante el láser pueden anular y "cegar" a los satélites militares norteamericanos, puede compararse con la llegada de los aviones de reconocimiento armado. Pero el advenimiento del avión de caza vino a imponerse a la situación hasta entonces vigente. Desde luego, miradas así las cosas, no

Primer vuelo del Shuttle, 1981. Podemos apreciar la sección trasera de la bodega de carga.



Primer vuelo del Shuttle. Compuerta de babor de la bodega de carga.



parece desdeñable la idea de un Orbiter capaz de "derribar" los satélites asesinos contrarios o, por el contrario, capturarlos y devolverlos a la Tierra para ser "interrogados" e investigados.

Sea como fuere, tanto para hipotéticas misiones bélicas o para las por el momento más probables tareas de investigación, los actuales Space Shuttle ya están incorporando una serie de dispositivos que les permitirán operar como auténticos peones de brega en las operaciones orbitales. La capacidad del Orbiter de poner en órbita satélites de telecomunicaciones, devolverlos a la Tierra, e incluso repararlos "in situ" se debe a un brazo robot (Sistema de Manipulación a Distancia) producido en Canadá.

Este brazo está instalado en el compartimento de carga y el controlador puede manejarlo siguiendo sus evoluciones a través de unos paneles transparentes situados a popa de la cabina de mando. Cerca del extremo del brazo se ha instalado una pequeña cámara de televisión que permite al controlador un acceso visual cercano a las operaciones. Este brazo de 14 metros de longitud está dotado de un revestimiento térmico que le permite soportar las muy bajas temperaturas espaciales.

Uno de los principales campos en los que se espera que el Shuttle desempeñe una tarea

fundamental, es el de los trabajos relacionados con el Laboratorio Espacial. En el proyecto, previsto para poner en órbita módulos de investigación tripulados por científicos, tiene un papel capital la Agencia Espacial Europea, en la que España participa de forma activa, con un 2,8 % del costo total del programa.

Posteriores aplicaciones podrían incluir la puesta en órbita de telescopios que, de esta forma, supondrían un incremento importante en las tareas de investigación interplanetaria e incluso interestelar. También se ha previsto la utilización del Shuttle para la cartografía planetaria o el servir como nodriza de pequeñas naves sonda encargadas de dirigirse a otros planetas para que realizasen tareas científicas.

Las previsiones operacionales del Space Shuttle son tan amplias y diversas que excederían con mucho los límites de este trabajo. La Lanzadera Espacial ha significado un importantísimo hito en la conquista del espacio exterior, en cierto modo mayor que el primer paseo lunar del hombre, sólo comparable con el esfuerzo que tanto soviéticos como norteamericanos están desarrollando en las sondas espaciales de investigación planetaria. Pero el Shuttle puede ser el brazo ejecutor de las tareas científicas a corto y medio plazo, y convertirse (como ya ha empezado a llamársele) en el DC-3 espacial.

Lanzaderas espaciales

Mientras tanto, los Estados Unidos estaban desarrollando un nuevo vehículo espacial con el que se esperaba abaratar el coste de los viajes espaciales. Contrariamente a los cohetes convencionales, que son destruidos después de que lanzan una nave espacial, esta nave con alas (que despega como con cohete y regresa a casa volando como un avión) puede utilizarse unas cien veces o incluso más. La Lanzadera Espacial, como se ha denominado al vehículo, consiste en un Orbiter con alas de dimensiones similares a las de un avión comercial DC-9, y posee un enorme depósito exterior y un par de poderosas y sólidas secciones propulsoras cohete. El Orbiter lleva una tripulación compuesta por tres hombres: piloto, copiloto y un hombre especializado para la misión.

Lanzado verticalmente desde la plataforma como un cohete normal, se deja llevar por el gran depósito exterior que provee de propelentes a los propulsores de ascenso (oxígeno e hidrógeno líquidos). Los dos cohetes a combustible sólido, montados a ambos lados del depósito, funcionan durante la ascensión y son descartados una vez que la nave se ha elevado unos 45 km. Se intentará recuperarlos lanzándolos sobre el mar mediante paracaídas. Algunos de ellos podrán volver a utilizarse después de ser limpiados y reabastecidos de propulsante.

El inmenso depósito es descartado poco antes de que el "aeroplano espacial" llegue a la órbita guiado por la fuerza propulsora de unos pequeños motores de maniobra. El depósito es lo único que no regresa a la Tierra, ya que se incendia y desintegra en la atmósfera durante el reingreso.

En algunas misiones el Orbiter transportará el Spacelab europeo, un concepto totalmente nuevo en estaciones espaciales tripuladas. A diferencia de los Salyut y Skylab, que debían abandonarse en el espacio junto con su costoso instrumental, el Spacelab (que permanece fijo dentro del compartimento de carga del aeroplano espacial) regresará a la Tierra una vez finalizada cada misión. Además de los astronautas que constituyen la tripulación de vuelo, el Spacelab puede transportar un equipo de hasta cuatro especialistas, permaneciendo en órbita en misiones de entre 7 y 30 días de duración.

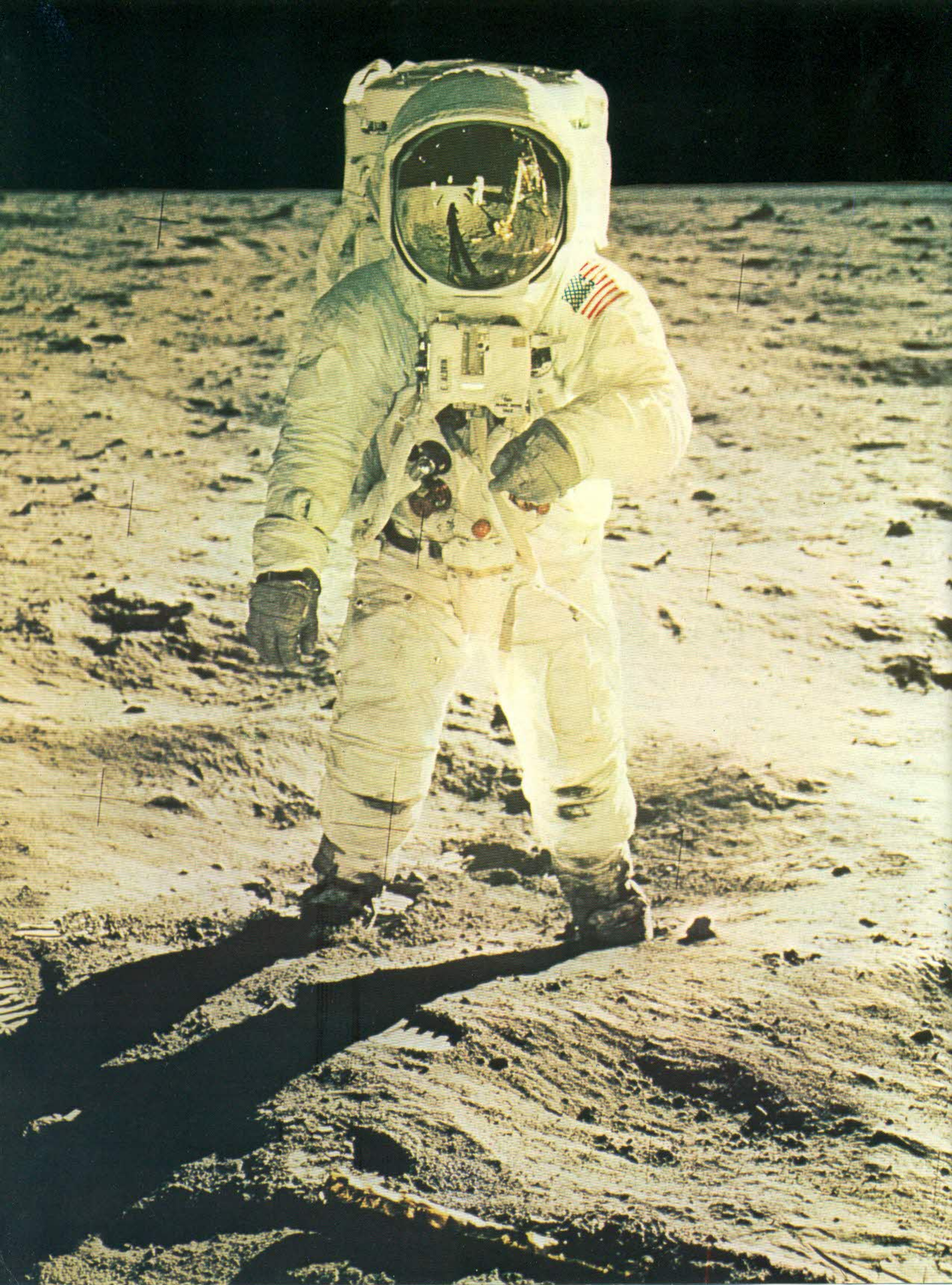
Para regresar desde la órbita, el avión espacial gira de modo que sus motores de maniobra puedan actuar como retrocohetes. El aeroplano desciende a través de la atmósfera en un fuerte ángulo de ataque y un aislamiento especial en su superficie lo protege del calor de fricción producido por las altas temperaturas. Al final de su vuelo el Orbiter volará a gran velocidad a través de Florida, para circunvolar y aterrizar sin motor, en una pista de 4,8 km. en el Centro Espacial Kennedy.

La Lanzadera es la clave de un nuevo y trascendente esfuerzo en vuelos espaciales tripulados de la década de los ochenta, que podría conducir a la construcción pieza a pieza de estaciones espaciales, a partir de módulos

Establecer fábricas en el espacio puede parecer un tema de ciencia ficción. Pero en la actualidad se trata de un proyecto bastante probable en virtud de los experimentos llevados a cabo en condiciones de ingravidez abordo de las estaciones espaciales Skylab y Salyut. La industria electrónica sería una de las primeras en beneficiarse de la capacidad de fabricar cristales de gran pureza y otros productos especiales vitales en la era de las computadoras y otros productos electrónicos.

La medicina también puede tener ante sí un brillante futuro espacial. El medio ambiente sumamente estable y carente de gravedad debería ser ideal para métodos de separación sumamente delicados, como el que resulta necesario para aislar materiales biológicos con el fin de obtener preparados puros de células para transplantes. También se podría llegar a preparar anticuerpos concentrados para el tratamiento de ciertas enfermedades, así como a purificar vacunas mediante la eliminación de aquellos contaminantes que pueden producir graves efectos secundarios.

Abordo de las estaciones espaciales también se podría fundir y solidificar metales mientras estos flotan libremente en las paredes del contenedor, utilizando campos electromagnéticos, electroestáticos o acústicos para suspenderlos y darles forma. Entre los productos que podrían elaborarse por este procedimiento figuran las espumas de acero, aleaciones ultraligeras y de gran resistencia, e incluso combinaciones de materiales similares como acero y vidrio.



Las misiones Apollo: El hombre en la Luna

Aunque desde los primeros días de la Humanidad, el sueño de alcanzar nuestro satélite ha sido frecuente entre los hombres, no será hasta el 20 de julio de 1969 que se logrará convertir este viaje ansiado en realidad. Dos astronautas estadounidenses pondrán ese día sus pies sobre la nunca hollada superficie del planeta de Diana. Sobre Selene, sobre el arco de Apolo.

Pero la historia de ese tremendo logro de la tecnología del siglo XX, empezó algún tiempo atrás.

No nos remontaremos tan lejos como a los precursores para no hacer ni retórico ni interminable este relato. Simplemente retrocederemos hasta el principio de la década de los sesenta cuando los avances técnicos y científicos convirtieron el sueño en problema. Pero en un problema solucionable.

La gestación de la "Araña Lunar"

En 1961, John C. Houbolt, ingeniero de la NASA, concibió la idea del vehículo que llevaría a los astronautas a poner los pies sobre nuestro satélite. En esencia, la idea consistía en un pequeño módulo con patas amortiguadoras que, transportado a una órbita lunar, se separaría del vector portador para descender a la superficie selenita.

Una primera y rústica maqueta, junto a un detallado informe del proyecto denominado por su creador como LOR iniciales de "Lunar Orbit Rendez-vous", fue presentado al Space Task Group, consejo decisorio de la Administración espacial encargado de las tareas de selección y decisión sobre los múltiples anteproyectos que ingenieros y científicos proponían a la NASA. Fue rechazado. Incluso von Braun llegó a decir: "No. No sirve".

Inicialmente todo el grupo era partidario del denominado Proyecto EOR, "Earth Orbit Rendez-vous", un complicado esquema que hacía necesario colocar en órbita terrestre dos enormes vectores transportando uno el vehículo de descenso lunar y el otro el combustible necesario para las últimas etapas de este viaje con escalas.

Los restantes miembros del Grupo estaban decididos por su parte por el llamado método de "ascensión directa" que pretendía enviar sin ningún paso intermedio el vehículo lunar mediante el mayor vector portador que pudiese fabricarse.

El problema principal consistía evidentemente en el diseño del vehículo de aterrizaje lunar. Si éste tenía que ser el mismo que luego regresara a los astronautas a la Tierra, debía ser capaz de resistir la violenta y "calurosa" reentrada en la atmósfera y estar dotado con enormes paracaídas de frenado. Junto con la extraordinaria cantidad de combustible necesario para el viaje de ida, vuelta, correcciones de rumbo, frenado y alunizaje (la Luna carece de atmósfera que pueda facilitar el uso de paracaídas), aceleración de despegue y reserva de emergencia, las dimensiones de esta cápsula, vehículo o módulo serían excesivas incluso para un vector gigantesco.

Resultaba además antieconómico diseñar un vehículo tan resistente habida cuenta de que la gravedad lunar era seis veces menor que la terrestre. Poco a poco se llegó a la conclusión de que el único procedimiento viable era precisamente el propuesto por Houbolt.

En esencia se trataba de enviar dos vehículos, cada uno de ellos compuesto por dos secciones. El primero, denominado Módulo de Mando (CM), consistía básicamente en una cápsula triplaza Apollo que estaría unida a un llamado Módulo de Servicio (SM) que no era más que un motor cohete y un depósito de combustible, para ser utilizados como vector en los viajes de ida y vuelta. El segundo, la famosa "araña lunar", era denominado LEM o Lunar Exploration Module y consistía a su vez en dos secciones diferentes, una el módulo habitable por dos tripulantes, con un motor cohete de ascensión y cohetes de orientación y estabilización y la otra, una sección de aterrizaje comprendiendo motor de frenado, combustible y patas de amortiguación.

El primero de los vehículos, el CM, compondría la primera fase del portador. Detrás de él y dada su fragilidad y poco aerodinamismo, iría, protegido por unas cubiertas, el LEM, con las patas de aterrizaje plegadas. Ambos serían puestos en órbita terrestre para su desacoplamiento, desplegado del LEM y, una vez extraído de su envoltura y unido al CM, dirigirse a una órbita lunar mediante el motor del módulo de servicio SM.

Desde esta órbita lunar, el LEM, con dos de los tres astronautas, iniciaría el descenso sobre la Luna.

Efectuada la misión, el LEM se desprendería de su sección de alunizaje, que quedaría abandonada en el lugar histórico del descenso y reemprendería la ascensión para reunirse con el módulo de mando, que durante todo este intervalo habría esperado pacientemente en órbita el regreso de los astronautas. La siguiente operación sería la puesta en órbita solar del LEM, después de ser abandonado por sus tripulantes y el inicio del retorno del CM hacia la Tierra, utilizando nuevamente el motor y combustible en el módulo de servicio.

La última etapa del viaje consistiría en la separación en las proximidades de la atmósfera terrestre del módulo de servicio y el de mando, para descender, por el conocido procedimiento del "escudo térmico" y los grandes paracaídas, sobre el Océano, como en los anteriores vuelos tripulados de los programas "Mercury" y "Gemini".

En 1962, el proyecto recibió (según parece a regañadientes del Space Task Group que continuaba aferrado al sistema EOR) el visto bueno oficial, no sin que su inventor pasara por un duro calvario ante la general indiferen-

cia de las cabezas rectoras de Houston.

Pero el difícil camino hasta la Luna no había hecho más que empezar. La idea de cómo realizar la misión era la correcta, pero ahora se trataba de construir los medios, probarlos, preparar y entrenar los hombres, seleccionarlos, etc.

Y como es natural, lo más difícil era precisamente todo esto.

En lo que se refiere al LEM, elemento clave de las misiones lunares, había que diseñarlo completamente, construirlo y probarlo. Una de las primeras dificultades con que tropezaron los ingenieros proyectistas era la habitabilidad y accesibilidad del módulo, dada la limitada libertad de movimientos de que "disfrutarían" los astronautas, enfundados en sus trajes especiales y con sus equipos de supervivencia a la espalda. Hubo que diseñar cuidadosamente las escotillas de acceso, al espacio interior, la disposición de los tripulantes (que finalmente se decidió que viajasen de pie, con protectores a la altura de los riñones para facilitarles el equilibrio) y sobre todo hubo que crear sistemas de control y manejo que las enguatadas manos pudiesen hacer actuar con facilidad.

Todo ello, unido al complicado sistema de estabilización por cohetes, el motor de frenado y el de ascenso, las computadoras de vuelo, los subsistemas, el radar altimétrico, los generadores eléctricos, los equipos de comunicaciones, presentadores de datos e instrumentos, el equipo de actividades en la superficie lunar, etc., hubo de ser armonizado en unas dimensiones lo bastante reducidas como para que el LEM pudiese ser carenado bajo el CM.

El LEM finalmente resultante, fabricado por la Grumman, tenía un extraño aspecto bastante más complicado que el humilde "tapón de champán" que originalmente concibiera Houbolt, pero era capaz de llevar a cabo la misión. Y lo hizo perfectamente.

Las actividades lunares

Pero si diseñar el módulo lunar fue toda una hazaña tecnológica, no lo sería menos el instrumental científico que los astronautas habrían de transportar e instalar en la primera base lunar. Para ello fue necesario inicialmente, definir qué tareas de experimentación serían las más útiles y prácticas.

Tripulantes del Apollo 14. De izquierda a derecha, Edgar B. Mitchell, Allan B. Shepard y Stuart A. Roosa.





El astronauta de los EE.UU. Edward H. White, que más tarde murió en el incendio del Apolo de 1967, aparece flotando libremente sobre Hawaii, visto desde el Gemini IV (NASA).

Después sería preciso diseñar el instrumental, no sólo desde el punto de vista científico, sino desde el punto de vista de su manejo por astronautas.

Las limitaciones de movimientos de estos implicaban además el diseño de una serie de herramientas auxiliares que les ayudasen en las tareas de su montaje y desmontaje sobre la superficie lunar, así como a su puesta en funcionamiento. La altura mínima a que los astronautas podían asir instrumental era de 70 cm. encontrándose el umbral óptimo para la realización de trabajos entre los 76 y los 120 cm.

Por otra parte, no podía olvidarse que todos los instrumentos habían de ser transportados hasta la Luna, y por tanto tenían que ser estibados en el ya de por sí estrecho módulo lunar. Además no puede olvidarse el hecho de que la carga útil era muy pequeña, por lo que todo el equipo debería ser muy liviano, facilitándose así también su traslado por los astronautas.

Se diseñaron un sismógrafo, que proporcionaría informaciones sobre posibles movimientos del terreno lunar directamente a la Tierra, un detector-registro de partículas que sería desplegado para, terminada la estancia, ser recogido por los propios astronautas, un retroreflector de rayos laser que reflejaría los rayos emitidos desde la Tierra, permitiendo de esta manera diversas mediciones geodésicas (como la exacta distancia entre la Tierra y la Luna en distintas posiciones, parámetro de extraordinario valor para astrónomos y para futuras misiones espaciales), distintas antenas portátiles para mejorar las condiciones de emisión y recepción desde la superficie, etc. También se diseñó una placa-recuerdo de la hazaña que se fijará posteriormente sobre el LEM, y una extraña bandera semirígida de los Esta-

dos Unidos (con dos astas, una horizontal, dada la ausencia de "viento lunar", muy a pesar de Bradbury).

Por supuesto, hay que diseñar contenedores y herramientas para la extracción de muestras geológicas y su traslado.

Todo el conjunto recibirá la denominación de ALSEP, Apollo Lunar Surface Experimentation Package (Equipo de experimentación de la superficie lunar Apolo) y será contínuamente revisado y puesto al día.

Pero la inmensa tarea tiene otros muchos apartados. Y uno, considerablemente importante es asegurar la supervivencia del hombre sobre la Luna.

El sastre más caro de la Historia

El problema de la supervivencia en un ambiente tan hostil como la "atmósfera lunar" era en realidad una prolongación del de permitir la vida humana en la Tierra en condiciones difíciles como a grandes alturas o bajo el mar. Pero mucho más complejo. En primer lugar, la permanencia en la superficie de nuestro satélite llevaba aparejada no sólo el mantenimiento vital, sino la protección contra las radiaciones cósmicas, la intercomunicabilidad, etc. Y todo ello garantizando el mayor grado posible de movimientos, por no decir nada del hecho de que tales trajes deberían ser utilizados dentro de pequeños espacios y ponerse y quitarse dentro de esos hábitats con poca o ninguna ayuda externa.

Primero hubo de resolverse un enorme problema, el de la refrigeración del cuerpo. Dado que no existía atmósfera o cualquier otro medio de propagación del calor, el astronauta debería contar con un sistema de disipación de la temperatura corporal, cuestión que quedó resuelta con un intercambiador térmico y una serie de tuberías de material sintético recorridas por un líquido refrigerante. Y para que tal "acondicionador" no estuvieses en contacto con la piel, el astronauta debía colocarse inicialmente una especie de malla ligerísima que incorporaba toda la tubería del sistema y sus conexiones con el intercambiador, alojado en una mochila dorsal.

Esta mochila albergaría además, el sistema de suministro de oxígeno y los depuradores de anhídrido carbónico exhalado. Proporcionaría también la regulación de la presión interior del traje, que inpediría que el astronauta sufriese los efectos de la casi total ausencia de presión exterior. El problema de la eliminación del sudor y el vapor de agua de la respiración (particularmente peligroso por la posible formación de vaho sobre el cristal frío de la escafandra y la lógica disminución de la visibilidad) también quedó encomendado a este equipo, que emitía un fuerte chorro de aire, sobre todo en la parte de la visera del casco.

La escafandra debía no sólo ser ligera y transparente, sino que además debía evitar la exposición del rostro y los ojos del astronauta a los rayos cósmicos y el sol. Se consiguió mediante la utilización de la más delgada película de oro que el hombre ha fabricado nunca. Como los dioses de algunos pueblos primitivos, los hombres de la Luna llevarían cascos de oro.

Para el delicado problema de la movilidad se estudiaron detenidamente las viejas armaduras de los caballeros medievales, verdaderos prodigios tecnológico-artesanales. Y como ellas, los trajes se hicieron "a medida", anatómicamente adaptados a las particularidades de cada posible astronauta. Lo mismo sucedió con los guantes y botas.

La protección total anti-radiación se consiguió con tejidos especiales sintéticos y aluminizados.

Hubo que pensar en cosas más prosaicas, como la eliminación de los residuos corporales, sólidos o líquidos, mediante fundas o "bolsillos" con sustancias químicas dentro que eliminaban tales problemas. El hombre fue a la Luna llevando consigo no sólo sus grandezas, sino también sus miserias.

El calzado, las famosas "botas lunares" que dejarían la huella del hombre sobre el polvo lunar y luego serían abandonadas allí, presentaban idénticos problemas. Había además que añadir unas pesadas suelas que actuasen como contrapesos facilitando el desplazamiento sobre el suelo selenita y amortiguasen ligeramente los efectos de la débil gravedad. Y equipado con todo este monstruoso equipo, una auténtica "pequeña Tierra individual", había que moverse. Hubo que intentar simular las condiciones lunares para "aprender a caminar".

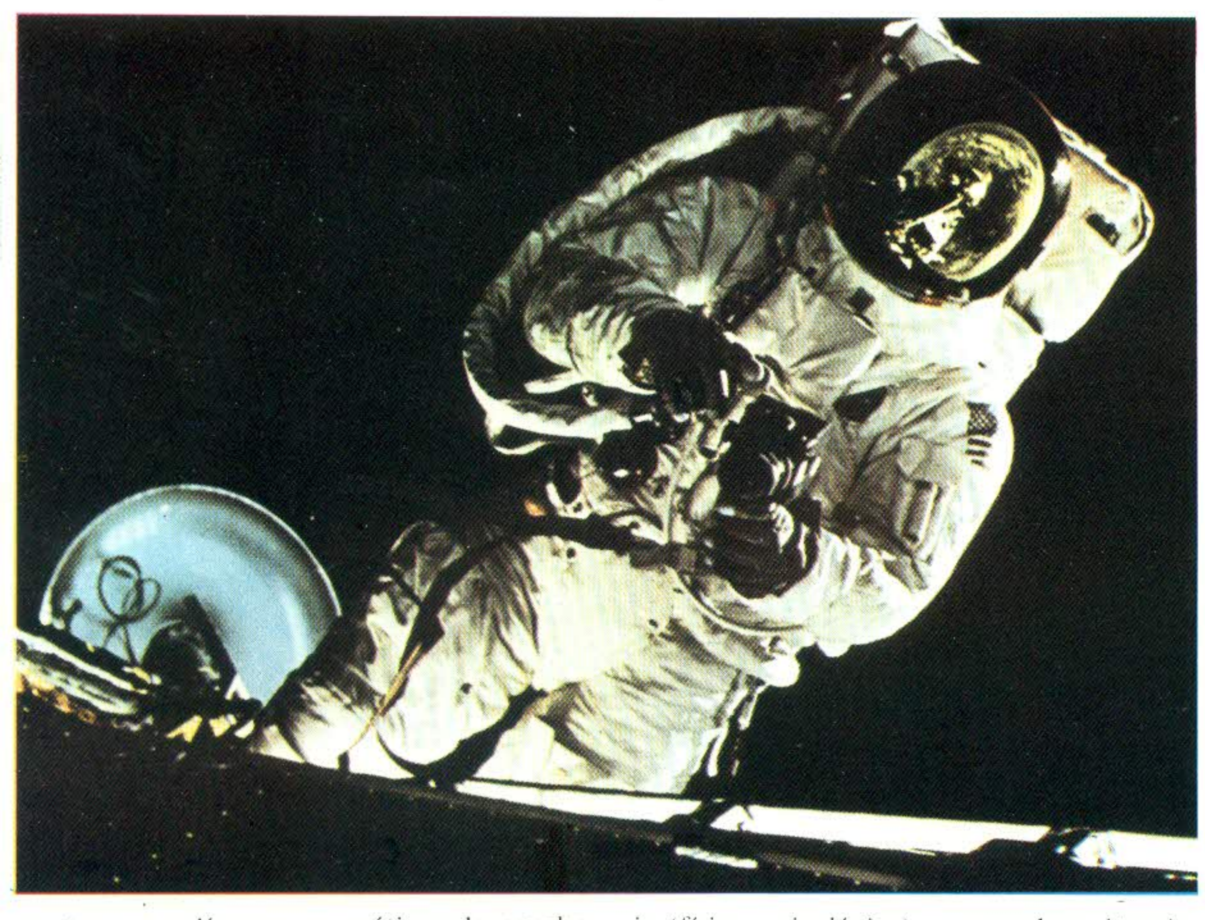
Para ello se creó en Langley un simulador de "gravedad lunar", en la que los futuros viajeros a la Luna pudiesen reproducir las condiciones de peso que encontrarían en la superficie de nuestro satélite, mediante una serie de aparejos que mantenían en posición horizontal al experimentador mientras "caminaba", seis veces más ligero, por una pared que simulaba el suelo lunar. La presión muscular normal en la Tierra para dar un paso, llevaba en este simulador al usuario... tres metros más allá de lo pretendido y casi dando una completa voltereta, un terrible salto mortal. Exactamente como sucedería en la Luna.

El "jeep" lunar

Pero si se pretendía que los posibles "selenitas" explorasen una parte significativa del terreno cercano al lugar de alunizaje, dada la pequeña autonomía de los equipos de supervivencia (llamado en ocasiones de mantenimiento vital, más apropiadamente), habría que proporcionarles un vehículo todo terreno, un jeep para la Luna.

Tal automóvil, movido eléctricamente y capaz de desplazarse por la casi desconocida superficie selenita, habría de ser muy liviano, plegable y como siempre, ser manejado por los "torpes" viajeros espaciales.

Las ruedas ofrecían todo un reto tecnológico. No sólo habían de ser capaces de moverse sobre terrenos muy diferentes (polvo, roca porosa, arena semicompacta, piedra dura, etc.) y salvar pequeños cráteres, sino que evidente-



Russel Schweickat registrando cámara en mano un gran acontecimiento: el Apolo 9 circundando la Tierra.

mente, no podían ser neumáticos de caucho (la ausencia de atmósfera y la consiguientemente débil presión exterior les harían explosionar) ni maciza de material elástico (por el peso). Se decidieron experimentar tipos muy diversos de ruedas hechas con flejes metálicos y muelles, metales ligeros, plásticos, materiales sintéticos, etc.

El modelo final, bautizado como LRV, Lunar Roving Vehicle o más abreviadamente ("vagabundo") se mostraría posteriormente como un útil instrumento, fiable y seguro, capaz de un alcance de setenta kilómetros. Tres misiones lunares, las Apollo XV, XVI y XVII, le emplearían sin el menor fallo.

El Lunar Roving Vehicle, fabricado por Boeing, tuvo un precio exhorbitante: diecinuemil millones de dólares. Sin duda se trataba del automóvil más caro de la historia.

Un elemento vital: los hombres

Todos los avances tecnológicos y científicos no servirían para nada si los hombres escogidos fallaban en el cumplimiento de su misión. Por ello, la selección de los candidatos, casi todos ellos (al menos inicialmente) veteranos aviadores con miles de horas de vuelo, se hizo de forma especialmente dura. No se buscaban, sin embargo seres superiores o semidioses, sólo eficientes profesionales con marcada confianza en los técnicos y sus máquinas. Además se necesitaban fuertes dosis de paciencia (ponerse y quitarse un traje espacial o aprender todo el instrumental de un vehículo espacial con tareas, más que difíciles, pacientes) y perseverancia, imaginación, sangre fría y resistencia (física y sicológica) para resolver situaciones de emergencia difícilmente previsibles.

Idear tareas de entrenamiento para tales situaciones, además de las específicamente "profesionales", organizar los adecuados programas que proporcionaran el adecuado ritmo de preparación (intenso, pero no agotador ni física ni mentalmente) y llevarlos a cabo, vigilando en todo momento el estado emocional y médico de los aspirantes, fue tarea ingente que requirió el trabajo apasionado de centenares de profesionales.

El entrenamiento de supervivencia, con estancias en climas desérticos, selváticos, etc., además de proporcionar a los futuros astronautas valiosas enseñanzas para posibles casos de emergencia, les preparaba sicológicamente para enfrentarse con problemas imprevistos.

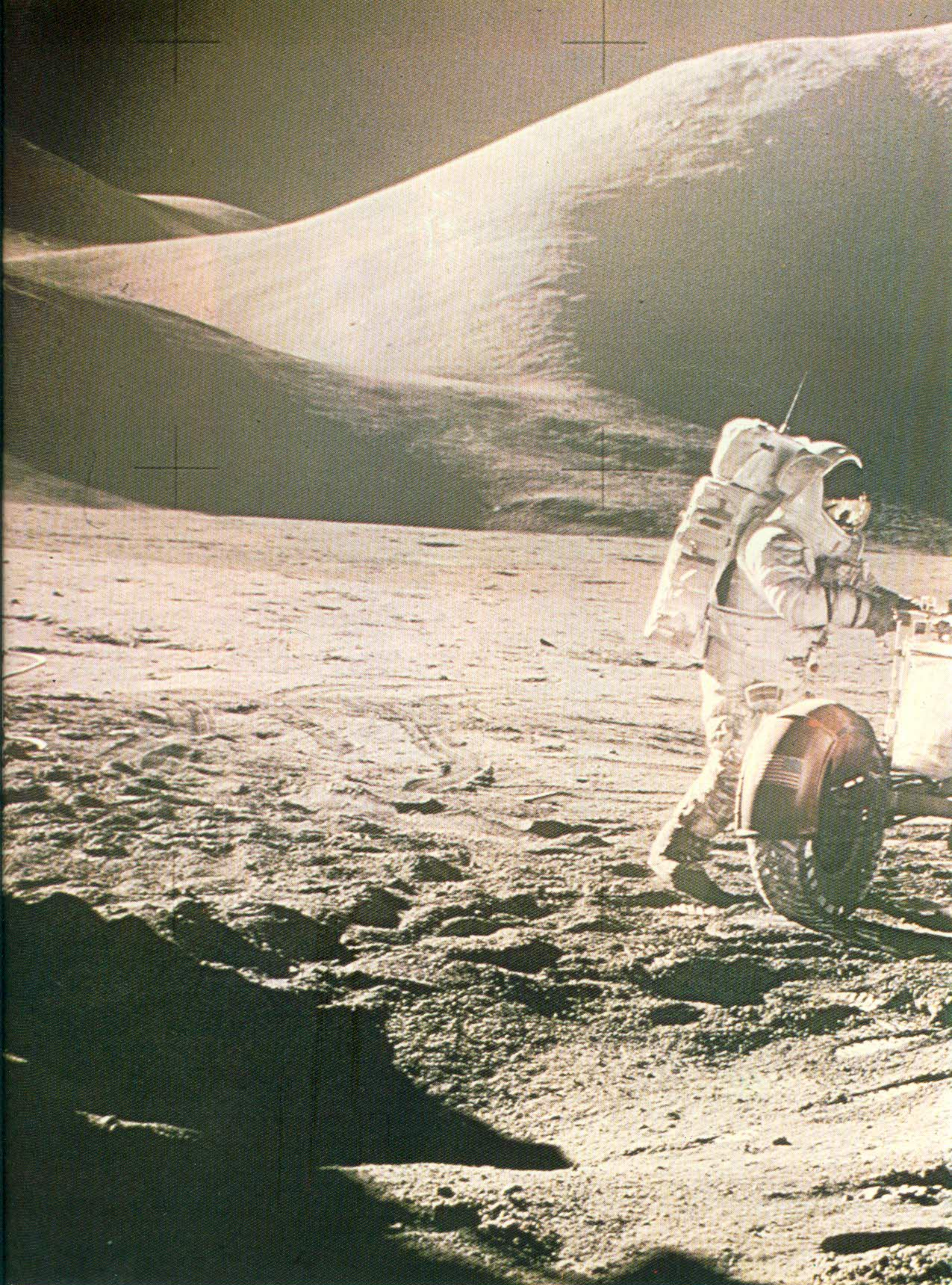
El entrenamiento profesional incluía lógicamente el manejo de los diversos vehículos a utilizar en la misión, prácticas de navegación estelar, cientos de horas en simuladores de estos vehículos realizando las maniobras de citas espaciales, descensos, despegues, separación de vehículos, emergencias, correcciones de rumbos, etc.

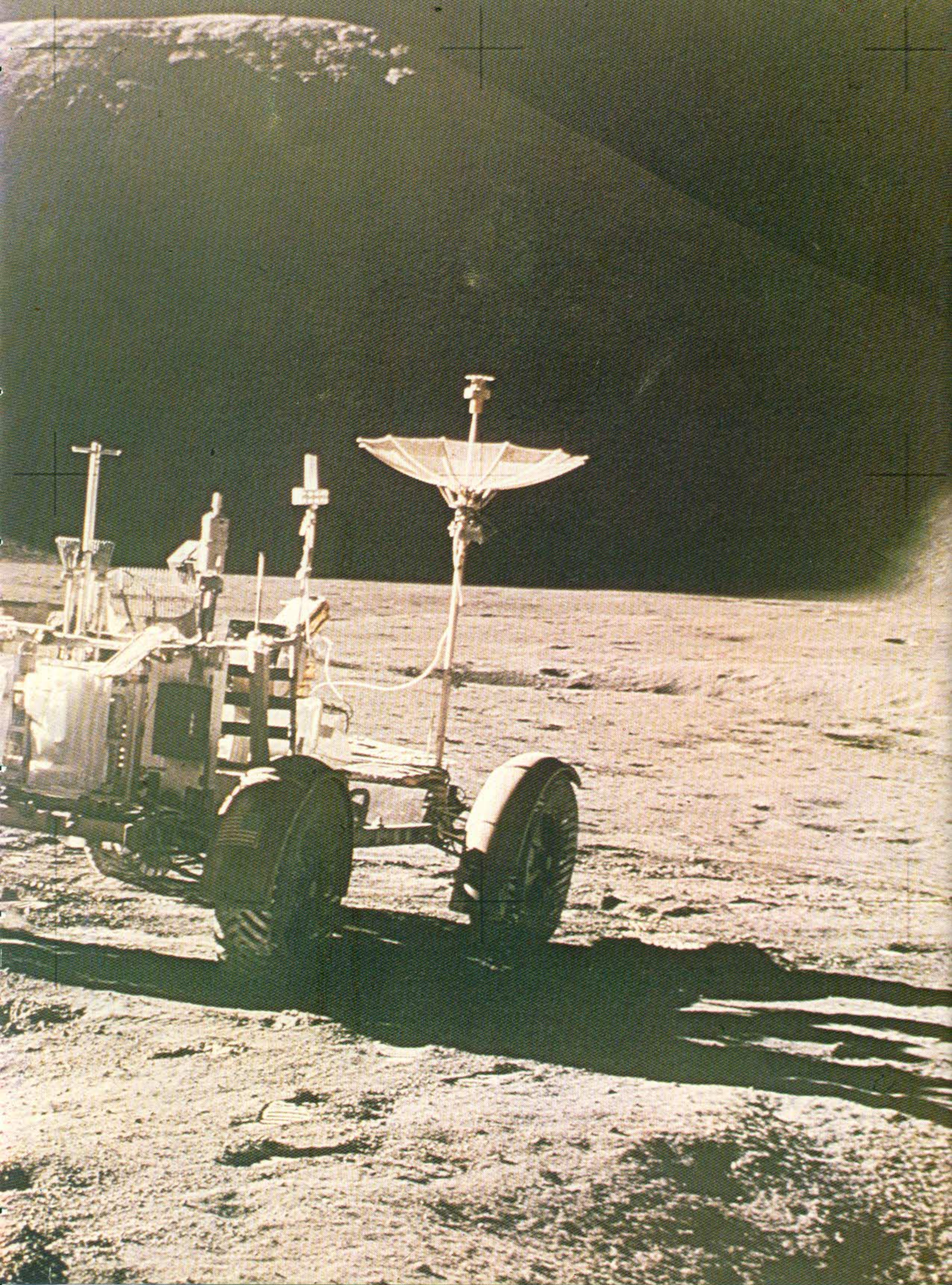
Finalmente las prácticas sobre la superficie lunar hicieron necesario realizar simulacros de todas las operaciones, estudiando los métodos menos fatigosos y correctos, la puesta en marcha de los diferentes instrumentos, etc.

Casi todo estaba previsto ya. Sólo hacía falto poner en marcha el proyecto Apollo.

El dios del Sol viaja hasta la Luna

El camino hasta nuestro satélite era largo. Pri-







Vista parcial de la exhibición de cohetes en el Centro Espacial Kennedy.

mero se efectuaron vuelos Gemini que perfeccionaron las técnicas de encuentro (rendez-vous, en la cursi terminología de la NASA), atraque y desatraque espacial, empleando secciones de vectores Agena y cápsulas tripuladas entre sí. Estas técnicas eran imprescindibles para la viabilidad del programa LOR.

Por otro lado, y como ya se ha contado en estas mismas páginas, las sondas espaciales y vehículos robot, trataban de reunir cuantos más datos fuesen posible sobre las condiciones en el espacio exterior a la Luna y sobre nuestro propio satélite, un casi perfecto desconocido todavía.

Entre estas sondas, las más directamente utilizables, tecnológicamente hablando, para el LOR fueron las Orbiter, Surveyor y Ranger.

Los datos obtenidos fotográficamente sobre la superficie lunar, la posibilidad de maniobras orbitales lunares, las diversas mediciones sismográficas sobre la Luna y en el caso concreto de las Surveyor, el desarrollo de técnicas automáticas de alunizaje mediante radares altimétricos y retrocohetes de frenado, fueron evidentemente de gran utilidad para el programa de vuelos tripulados Apollo.

Cuestión básica a experimentar fue la construcción, lanzamiento y comprobación de las cápsulas triplazas, los diversos módulos y el enorme vector de lanzamiento, el Saturno V.

Cohete portador de tres etapas (Saturn IC, Saturn II y Saturn IVB), con una longitud total de 111 m., podía colocar en órbita a la carga útil Apollo (CM, SM y LEM) a casi 30.000 km/h. Desde esta posición, el conjunto podía acelerar hasta la velocidad de transferencia lunar, 40.225 km/h.

El primer vector se probaría en lanzamiento orbital el 29 de enero de 1964, permaneciendo en órbita durante más de dos años.

Era imprescindible comprobar la maniobrabilidad en órbita y la posibilidad de encuentro o cita espacial. Las cápsulas Gemini VI y VII lo consiguieron el 15 de diciembre de 1965, casi en el sesenta y dos aniversario del primer vuelo de los hermanos Wright.

Comprobada la posibilidad del encuentro espacial, se trataba ahora de conseguir un atraque, es decir, el acoplamiento entre dos vehículos espaciales. Los vuelos espaciales Gemini VIII y IX, el primero con alguna dificultad y más perfeccionadamente el segundo, se encargaron de demostrar su viabilidad. Todos los vuelos siguientes del programa Gemini incluyeron maniobras de encuentro, aproximación, atraque y desatraque.

La siguiente etapa era evidentemente la evaluación del sistema Apollo.

Se iniciaron los disparos y puestas en órbitas de cápsulas no tripuladas y el 27 de enero de 1967, en el curso de unas experiencias previas en tierra, los tres tripulantes previstos del primer Apollo con hombres a bordo, con lanzamiento anunciado para mediados de febrero siguiente, se convirtieron en las primeras víctimas de la "carrera espacial". Un fallo en el regulador de ambiente, un cortocircuito o cualquier otra causa (la versión oficial no era muy explícita) y se declaró un rápido incendio a bordo, de resultas del cual fallecieron los astronautas Grissom, White y Chaffe.

Si aquel accidente era un presagio del oráculo Apollo, la conquista de la Luna no comenzaba con buen pie. Afortunadamente no fue así.

El lanzamiento siguiente, el Apollo VII, se produjo más de un año después. Se ocupó en probar la viabilidad de las secciones CM, módulo de mando y SM, de servicio del proyecto.

Quince días después de su vuelo, los sovié-

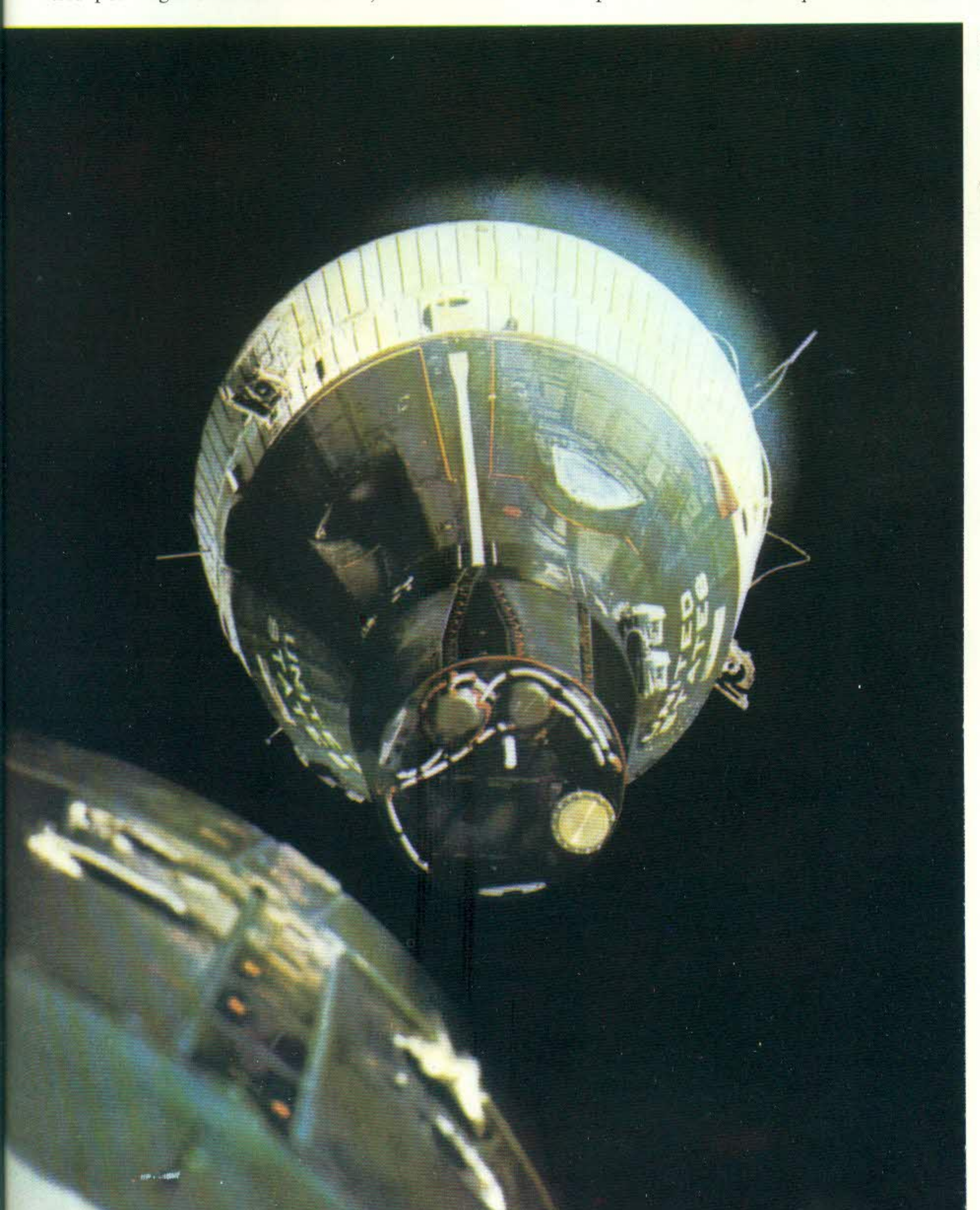
ticos efectuaron el vuelo del Soyuz III (el I había terminado también con tragedia, la muerte del único tripulante, el cosmonauta Vladimir Komarov, al fallar el sistema de paracaídas de frenado y estrellarse el vehículo contra la superficie terrestre). Junto con la Soyuz II, sin tripulantes los vehículos de la URSS efectuaron una cita espacial.

Antes de continuar, es preciso interrumpir el relato para justificar la no aparición hasta el momento de los avances soviéticos. La tan cacareada "carrera espacial hacia la Luna" que toda la prensa occidental se encargaba de animar, no existía, según las fuentes oficiales de la URSS. La investigación del cosmos por la patria del socialismo real, iba por otra vía, Pero lo cierto, es que, con o sin intención soviética por llegar a nuestro satélite, los avances (delantera en muchos casos) de los rusos espoleaban a la NASA en una auténtica carrera contra reloj por el prestigio de ser los primeros en pisar suelo no terrestre.

Y así actuó en aquella ocasión el vuelo Soyuz. Todos los indicios hacían pensar en que los soviéticos iban por el mismo camino hacia la Luna; un proyecto LOR o Apollo les llevaría hasta nuestro satélite.

En la Navidad de 1968, la Apollo VIII se aproximaba hasta la Luma como nunca se había hecho hasta entonces con vehículos tripulados. El lanzamiento revistió además otro jalón importante, la primera prueba real del Saturno V, el monstruoso vector que lograría la hazaña de llevar al hombre hasta la meta tantas veces soñada.

Los primeros indicios de que los soviéticos



Momento histórico del "rendez vous" espacial entre las cápsulas Gémini 6 y 7.

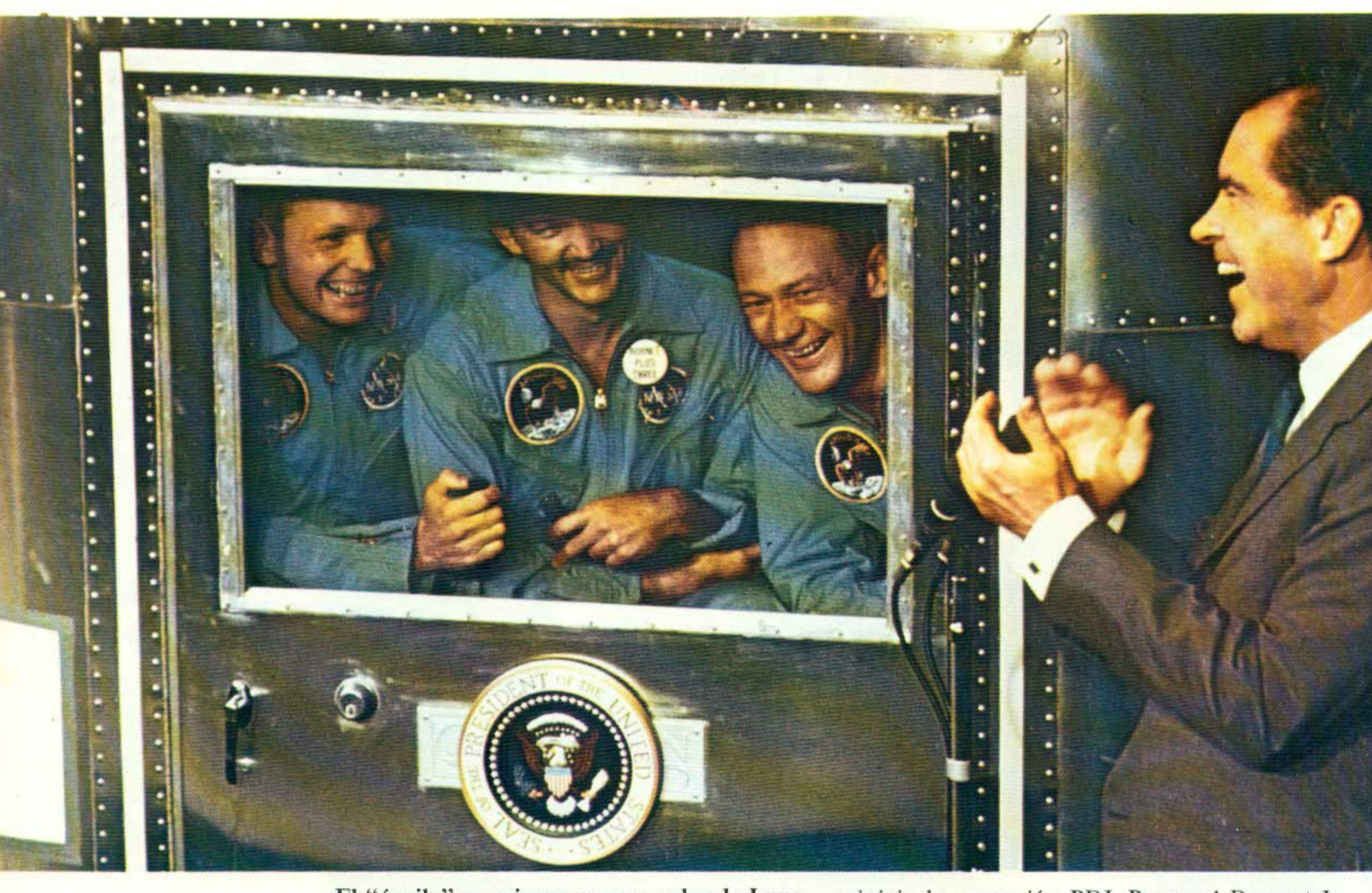
iban realmente por otro camino se producen pocos días después; las cápsulas Soyuz IV y V se unen en órbita terrestre para formar la primera estación espacial tripulada. El vuelo del Apollo IX sirvió sólo para comprobar el funcionamiento del famoso LEM, la "araña" lunar y sus maniobras de extracción y ensamblaje. El del siguiente vehículo, el Apolo X, era en realidad todo un ensayo general, cumpliendo la misión LOR excepto en su última etapa, el descenso sobre la Luna.

Tres meses más tarde, comenzó la hazaña más importante del siglo y casi se podría decir que la más ignorada.

estabilizadores, se desconecta del módulo lunar, apodado "Eagle".

El LEM inicia lentamente, con un frenado corto de su motor cohete, la suave trayectoria que le conducirá al mar de la Tranquilidad, lugar escogido para el aterrizaje.

En la elección de este terreno, han invertido decisivamente los cinco robots Orbiter que han explorado fotográficamente centenares de kilómetros de la esfera lunar, durante casi un año de sobrevuelos. El mar de la Tranquilidad ha sido el lugar escogido por los científicos de la NASA. Y hacia allí se encamina el "Eagle". Casi en la vertical de la zona de alunizaje, se inicia la operación PDI, Powered Descent Insertion, el descenso con frenado del motor cohete principal. La operación se realiza de forma casi totalmente automática; excepto la decisión (al albedrío del comandante) el radar altimétrico y la computadora central se encargan de ello. Siete minutos después de iniciada la operación se encuentran a casi seis mil metros sobre el blanco satélite. Se ha consumido más de la mitad del combustible y la operación continúa. A casi 200 metros de altura, con el "Eagle" ya en la posición correcta de aterrizaje, los astronautas comprueban que parecen dirigirse con toda precisión hacia un cráter. El comandante desconecta el control automático para manejar directamente los sistemas de estabilización y translación. El computador continúa gobernando el motor de frenado. El "Ea-



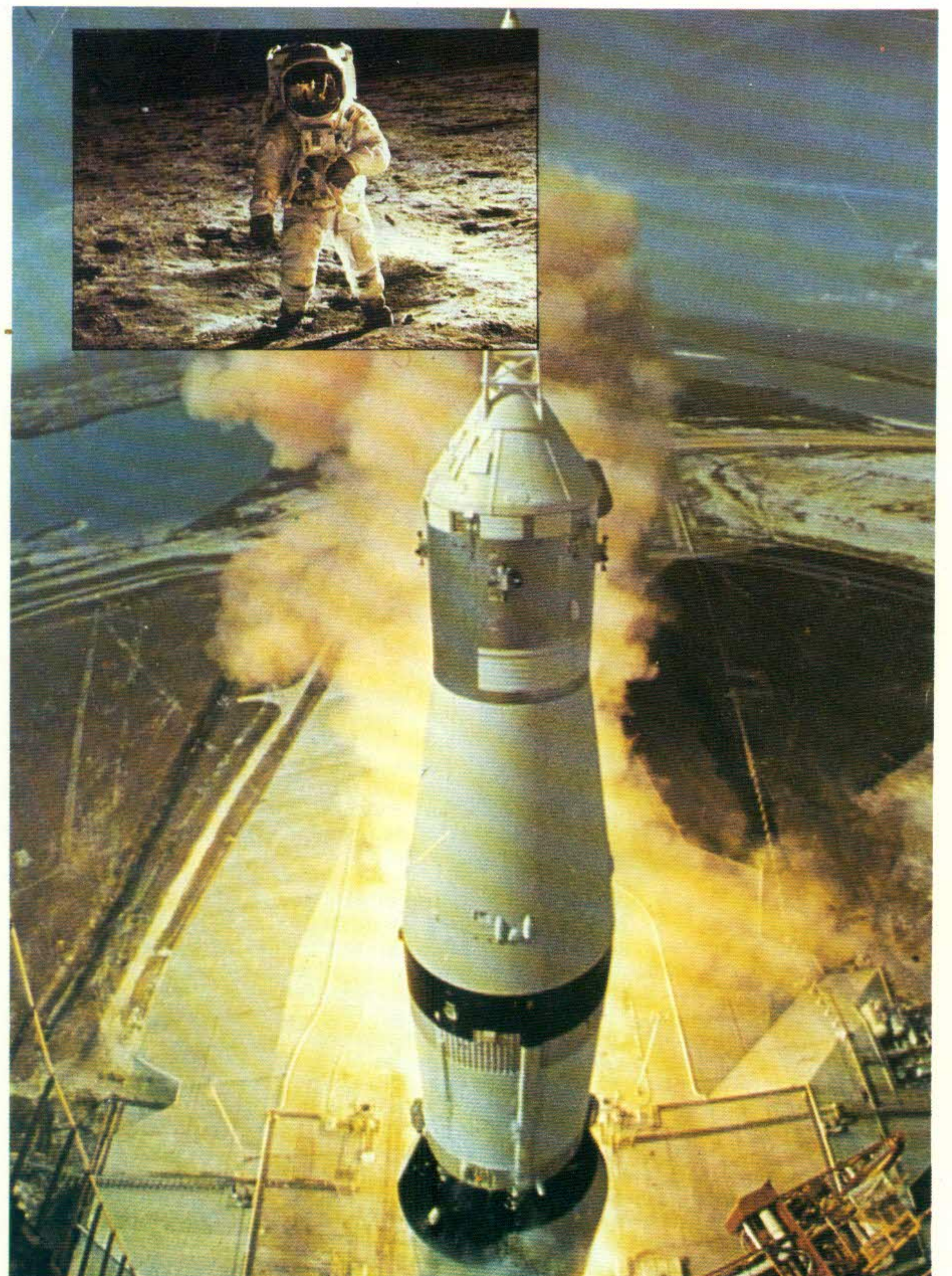
El presidente Nixon, dá la bienvenida a los astronautas del Apollo XI.

El "águila" americana se posa sobre la Luna

La aventura comenzará el 16 de julio de 1969. Tres hombres, Neil Armstrong, Edwin Aldrin y Michael Collins. La hora, las nueve treinta y dos minutos. El lugar, Cabo Kennedy, en la costa de Florida. La máquina, un gigantesco cohete Saturn V.

Nubes de vapor y un poderoso estruendo se expanden en torno a la base del cohete portador que comienza lentamente su ascensión, dejando tras de sí la roja estela acostumbrada.

A las quince horas, diecisiete minutos y cuarenta y dos segundos del día 20 de julio, el comandante de la misión, Neil Armstrong, anuncia que el descenso se ha iniciado. La nave de mando, bautizada "Columbia" gira en órbita lunar entre los kilómetros 100 y 120 de altura y, tras encender brevemente sus cohetes



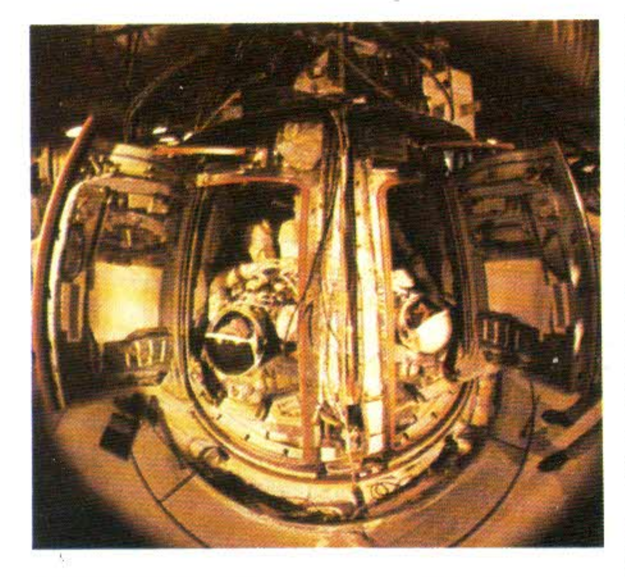
Inserto:
El primer hombre que dejó sus huellas sobre el polvoriento suelo lunar fue Neil Armstrong, que luego tomaría esta foto a su compañero Edwin Aldrin. Los dos hombres aterrizaron en el Mar de la Tranquilidad en el Módulo Lunar Eagle el 20 de julio de 1969, mientras el tercer miembro del equipo, Michael Collins, permanecía abordo de la nave de mando orbital Columbia, a cargo de las comunicaciones con la Tierra.

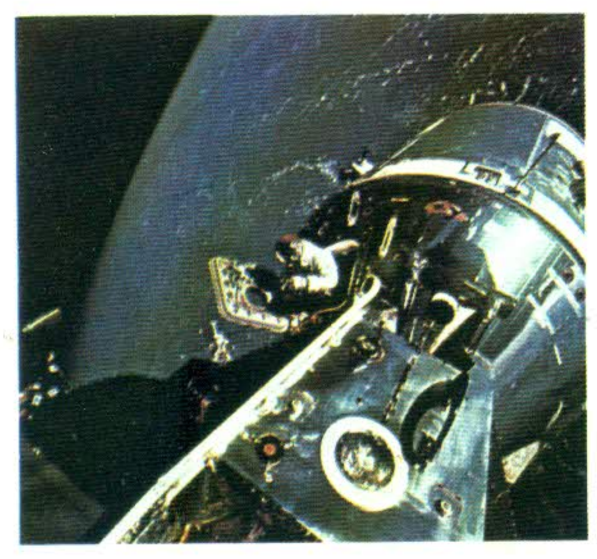
El 16 de julio de 1969 es una fecha histórica; ese día despegaron de Cabo Cañaveral los hombres que estaban destinados a ser los primeros en pisar la Luna.
La tarea impuesta por el presidente Kennedy en 1961 fue ampliamente realizada. Un millón de personas fueron testigos del lanzamiento y se calcula que más de 590 millones de personas en todo el mundo vieron por televisión la escena en la que Neil Armstrong pronunció aquella frase "Un pequeño paso..."

gle" se desplaza lateralmente para buscar mejor lugar para posarse. Pocos segundos depués, una luz azulada se enciende en el tablero de mandos: los sensores han tocado el suelo. El motor se detiene y el módulo lunar recorre el último escaso metro de su vuelo para "tomar luna" por vez primera en la Historia.

"Houston. Aquí Tranquility Base. El Eagle ha aterrizado". Las palabras del comandante Armstrong tardarán casi un segundo y medio en ser recibidas en la Tierra, pero en el Centro de Control se oyen fuerte y claro. Son las 15 horas y diecisiete minutos del 20 de julio de 1969. Una fecha y un momento históricos. Los hombres de la NASA y los casi seiscientos millones de personas que contemplan las imágenes transmitidas por televisión esperan ahora el momento sublime: el comandante ha puesto en marcha la pequeña cámara de TV exterior y continúa descendiendo por la escalera del LEM.

Vista desde arriba una nave espacial Géminis, que permite ver la acomodación de los dos astronautas en su interior. En una de estas naves Frank Borman y James Lovell, Jr. vivieron durante casi dos semanas en vuelo orbital, antes de regresar a la Tierra para enfrentarse con una intimidante serie de avanzadas pruebas médicas.





Centro inferior derecho: Ed White fue el primer norteamericano en caminar por el espacio, el día 3 de junio de 1965. Después de que la cabina Géminis fuera despresurizada, el astronauta, vestido con su traje espacial, estuvo en condiciones de salir por una compuerta y flotar por el espacio amarrado al extremo de un conducto umbilical. Para controlar sus movimientos se valió de una pistola de gas.

Un gran paso para la Humanidad.

Las pantallas de millones de hogares en todo el mundo reflejan ahora una imágen grisácea, pero no por ello menos impresionante: una figura blanca llega al último peldaño de la escala del LM y apoya su pie izquierdo como tanteando el suelo. Luego, tras un segundo de indecisión, da un pequeño paso hacia adelante.

La voz de Armstrong llega clara: "Un pequeño paso para un hombre... un gran salto para la Humanidad". La meditada frase del astronauta figura ya en los libros de Historia.

Son las veintiuna horas y cincuenta y seis minutos de este esperado día. El comandante del "Eagle" toma fotos incansablemente. Se le unirá poco después, el segundo hombre, Aldrin, que a su vez exclamará: "Hermoso. Hermoso... Una magnífica desolación". A continuación, más impetuoso que el frío Armstrong, da un pequeño salto y sin esfuerzo se encarama de nuevo en el LEM. Se baja de otro fácil saltito y comienza a correr sobre la Luna con sorprendente agilidad.

Los dos astronautas comienzan, ya algo más solemnemente, sus actividades exploratorias.

Descubren una placa fijada en una de las patas del módulo. "Aquí hombres del planeta Tierra pisaron por vez primera la Luna en el año 1969. Vinimos en nombre de toda la Humanidad". La frase, propagandística a todas las luces, llevaba a nuestro satélite en un cierto sentido, las controversias humanas: evidentemente estaba destinada a los terrestres. Aún más la bandera que ambos hombres instalaron fue, lógicamente de los Estados Unidos. Los astronautas estadounidenses habían ido, como es natural, en nombre de su propio país.

La cámara de TV será después desmontada del soporte en el LEM e instalada en un trípode; mostrará a una humanidad sorprendida (y que parece desde entonces no sorprenderse ya de nada) al "Eagle", como una extraña araña oro y blanca, posada sobre el blancuzco terreno y recortándose fuertemente sobre el negro vacío espacial.

Aldrin instala mientras tanto un detector de partículas cósmicas, ostentoso nombre para una especie de "papel de moscas" sobre el que quedarán registrados los posibles impactos de las partículas de las radiaciones cósmicas y, esperan los científicos, algún que otro micrometeorito.

Entre los dos, despliegan y clavan la extraña bandera de las estrellas y las barras que permanecerá desde entonces "ondeando" sobre nuestro satélite.

Una llamada a larga distancia

Poco antes de descender los astronautas del módulo, el presidente norteamericano Richard Nixon, quiso también pasar a la Historia, manteniendo una conversación telefónica con sus dos conciudadanos. Cuatrocientos mil kilómetros de distancia les separaban. Y he aquí el diálogo:

– "Neil y "Buzz" les hablo telefónicamente desde el salón Ovalado de la Casa Blanca, en la que es sin lugar a dudas la conversación por teléfono más histórica que haya tenido lugar nunca. No consigo expresarles lo orgullosos que nos sentimos todos aquí por lo que están haciendo. Para todos los americanos este es el día más glorioso de sus vidas. Y también lo es para los demás pueblos del mundo, unidos a los americanos en el reconocimiento de vuestra heroica gesta. Gracias a vosotros los cielos se han convertido en parte del mundo del hombre. Y ya que nos hablais desde el mar de la Tranquilidad, nos sentimos animados a esforzarnos más para conseguir la paz y la tranquilidad a la Tierra. En este momento de inconmesurable valor para la Humanidad, todos los pueblos de la Tierra se unen en su orgullo por vosotros y en la oración para que consigais volver sanos y salvos a casa".

—"Gracias, señor presidente. Para nosotros es un honor representar a los Estados Unidos y a todos los hombres de buena voluntad que miran hacia el futuro con esperanza y curiosidad, Es un honor para nosotros haber gozado de la oportunidad de estar hoy aquí".

—"Gracias otra vez y hasta pronto. Esperamos ansiosamente el momento de volveros a ver a bordo del "Hornet" el jueves".

—"Gracias, señor presidente".

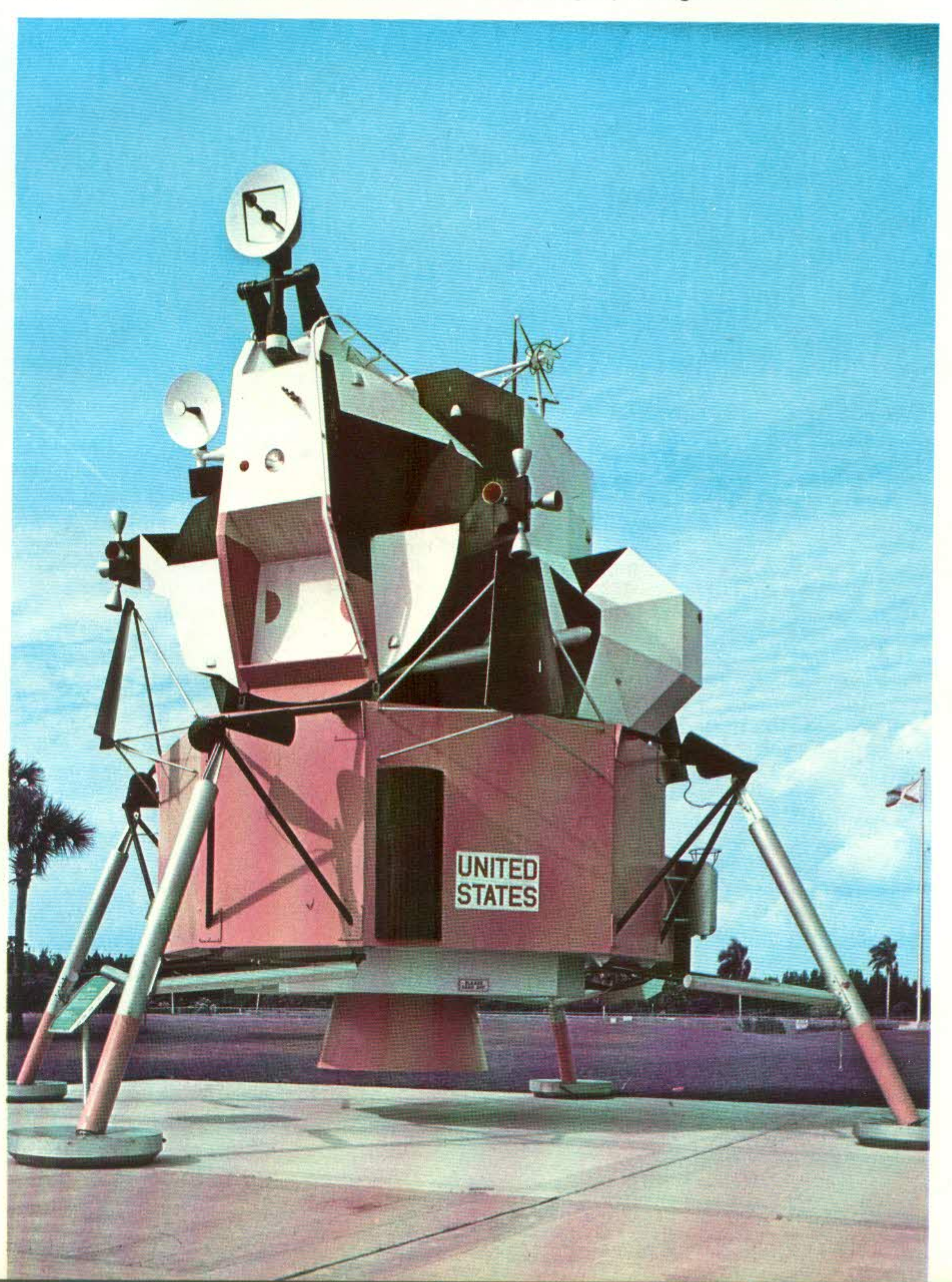
Mineros espaciales

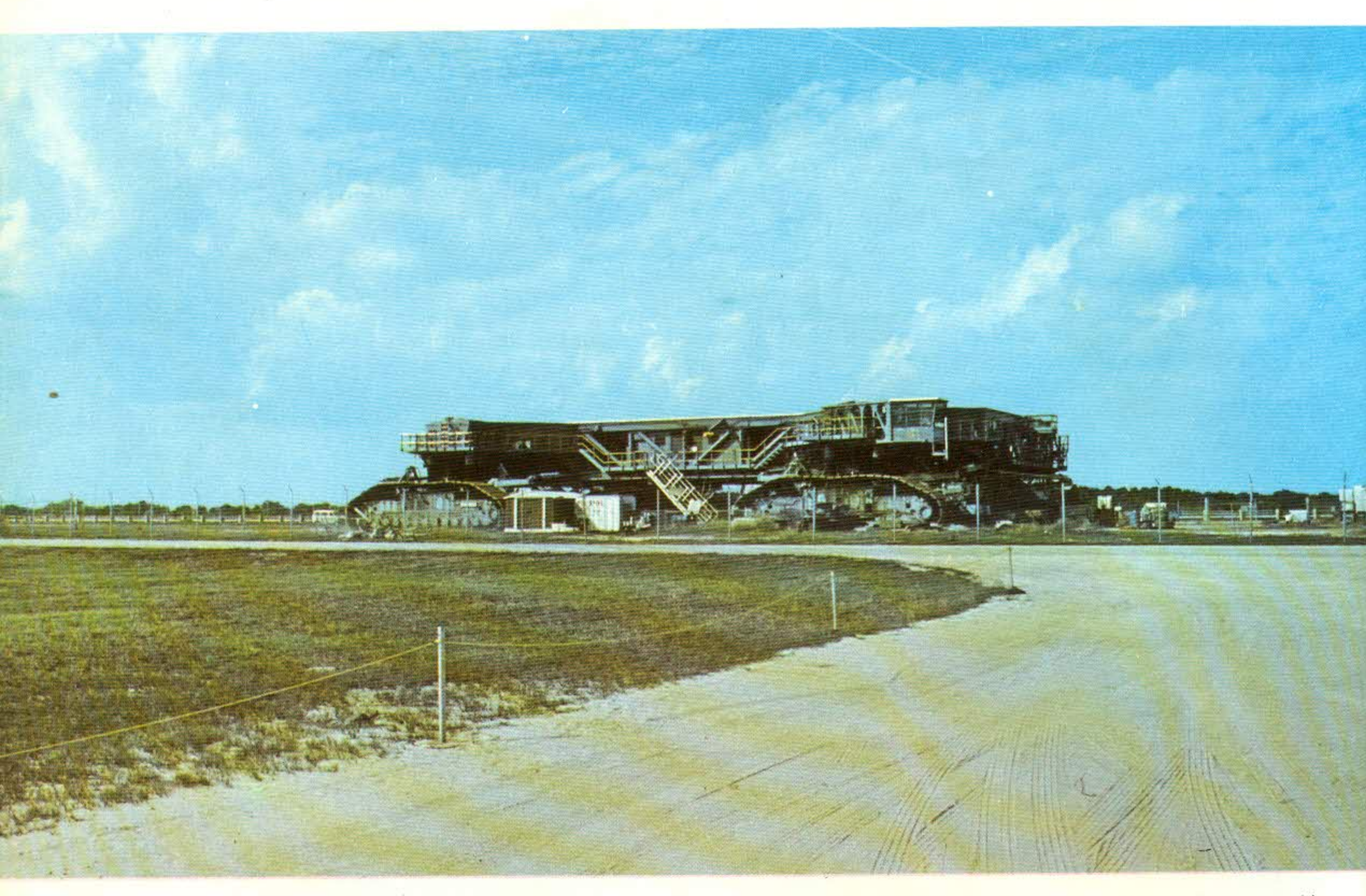
Aldrin y Armstrong continuarán siguiendo su programa de "actos lunares" desplegando una antena parabólica para comunicaciones, instalando un retrorreflector láser para mediciones desde la Tierra y un sismógrafo con emisor de datos por radio (con paneles solares de alimentación) para transmitir datos sismológicos a las estaciones terrestres.

Finalmente, mediante unos instrumentos especiales se convertirán en los primeros mineros del espacio.

Inicialmente, los astronautas recogerán muestras de superficie (arena o polvo fino, según los casos) incluyendo algunas piedras. En la segunda ronda, recogida en una segunda caja, se incluyeron principalmente rocas, algunas de ellas procedentes de cráteres distantes, expulsadas hace miles de años por las erupciones volcánicas.

Se pretendía que los astronautas fotografiasen detalladamente cada roca antes de tocarlas, debido al interés que para los geólogos tiene conocer el emplazamiento exacto de un mineral, cual es su lado de arriba o de al lado y si los materiales próximos eran similares o no. No pudo ser así. El oxígeno se agotaba y el tiempo de permanencia sobre el suelo lunar tuvo que ser acortado. Con cierta prisa se recogieron unos veinte kilogramos de materiales que serían esperados en la Tierra por los ansiosos geólogos y biólogos de la NASA.





Regreso a casa
Aldrin recoge el detector de partículas y sube al "Eagle". Ayuda desde arriba a Armstrong a subir las cajas de muestras. Ambos se introducen en la cabina y la portezuela se cierra. Han transcurrido dos horas y veintiun minutos desde que el comandante iniciara su salida.

Ahora, los dos hombres se dedican al chequeo de cuenta atrás para el despegue de retorno. Trece horas después, tras haber comido y dormido, abren nuevamente la portezuela del "Eagle" para arrojar el sobrepeso: equipos de supervivencia individual, botas y guantes, herramientas y visores, cámaras fotográficas (sin los carretes impresionados, naturalmente), absolutamente todo lo prescindible queda allí. Se comienza la cuenta atrás. Es un momento decisivo, casi más impresionante que el descenso. A las trece horas menos seis minutos, tiempo de Houston, el comandante Armstrong pulsa el arranque. La sección superior del Eagle se separa entre un destello de luces de la parte inferior del LEM.

"Un despegue muy suave" dirá Armstrong. Siete minutos después el módulo lunar (o mejor, la cabina de mando del LEM) entra en órbita a unos quinientos kilómetros de distancia del "Columbia". El radar suministrará las informaciones necesarias y el calculador de vuelo hará las necesarias correcciones de rumbo. Tres horas y pico después, las dos naves vuelan en formación preparándose para el atraque y el traspado de los tripulantes. La operación de traslado no es precisamente fácil teniendo que transportar con ellos las cajas de muestras y con aquellos engorrosos trajes puestos, pero se realiza sin incidentes.

Se suelta el mecanismo de bloqueo entre la "Columbia" y el "Eagle". El CM retrocede gracias a sus cohetes de maniobra. Se inicia el retorno a casa.

Sesenta horas después. tras haber abandonado también el módulo de servicio, la cápsula Apollo desciende sobre el Pacífico. El portaviones "Hornet" recibirá alborazado a los primeros hombres de la Luna.

La última anécdota: a quince kilómetros del portaviones, la cápsula cae al mar en posición "estable 2", es decir, con el pico hacia abajo. Como si se tratase de un balandro volcado, los astronautas han de intentar enderezarla para poder salir sin tener que bucear. Se inflan unos flotadores esféricos en la proa y con un impetuoso giro, la "Columbia" recupera su posición normal.

Un helicóptero "Sea King" rocía a la nave con desinfectantes. Se inician las operaciones de cuarentena. Se desconoce si el Apollo XI puede traer consigo algún germen o partícula que pueda contaminar la Tierra. Triste ironía, nadie pensó si al aterrizar en nuestro satélite puro, intocable desde el origen del Universo, la nave de la contaminada Tierra pudo ocasionar un daño similar o peor.

EXPLORACION ESPACIAL Y COHETES

Las misiones Apollo: El hombre en la Luna

Resonancia lunar

El Apollo XII despegará el 14 de noviembre de 1969 desde el complejo 39 de Cabo Kennedy. El cielo está encapotado y cae una ligera lluvia.

Antes de escapar de la atmósfera, el Saturno será alcanzado por dos rayos que pondrán fuera de funcionamiento algunos equipos eléctricos duante algunos instantes. Pero el incidente no reviste mayor importancia.

El resto de la misión transcurrirá como estaba previsto, con un esquema similar al de la anterior. Sólo mejorará la precisión del alunizaje: 150 metros más allá se encuentra la sonda espacial Surveyor III, en el océano de las Tormentas.

La tripulación del Apollo XII estaba formada por Charles Conrad, Richard Gordon y Alan Bean. Conrad y Bean descendieron a bordo del Intrepid. Allá arriba, tan solitario como antes Collins, a bordo del "Yanquee Clipper", quedó en vuelo orbital Gordon.

Sobre la Luna, los dos nuevos visitantes instarán (por vez primera de forma completa, ya que en la Apollo XI era más simplificado y por ello denominado EASEP, Early Apollo Scientific Experiment Package) el equipo ALSEP (Apollo Lunar Surface Experiment Package) con ocho instrumentos en total combinables según las misiones. Estos ocho equipos eran: un sismógrafo pasivo, un sismógrafo activo, espectómetro de viento solar, medidor de flujo térmico subterráneo, magnetómetro de superficie, detector de polvo lunar, medidor de densidad atmosférica y detector de iones supertérmicos.

A todo ello había que unir un equipo central suministrador de energía y centro de tratamiento de datos. El sistema de suministro de energía es una pila atómica (mejor, un reactor nuclear) SNAP-27 capaz de generar 63,5 W de potencia eléctrica durante más de un año a base de la utilización de una carga de plutonio 238. El conjunto central dispone asimismo de un emisor de banda S con antena helicoidal que será orientada manualmente por los astronautas.

El ALSEP pesa 13,6 kg. en la Luna y 81,7 en la Tierra.

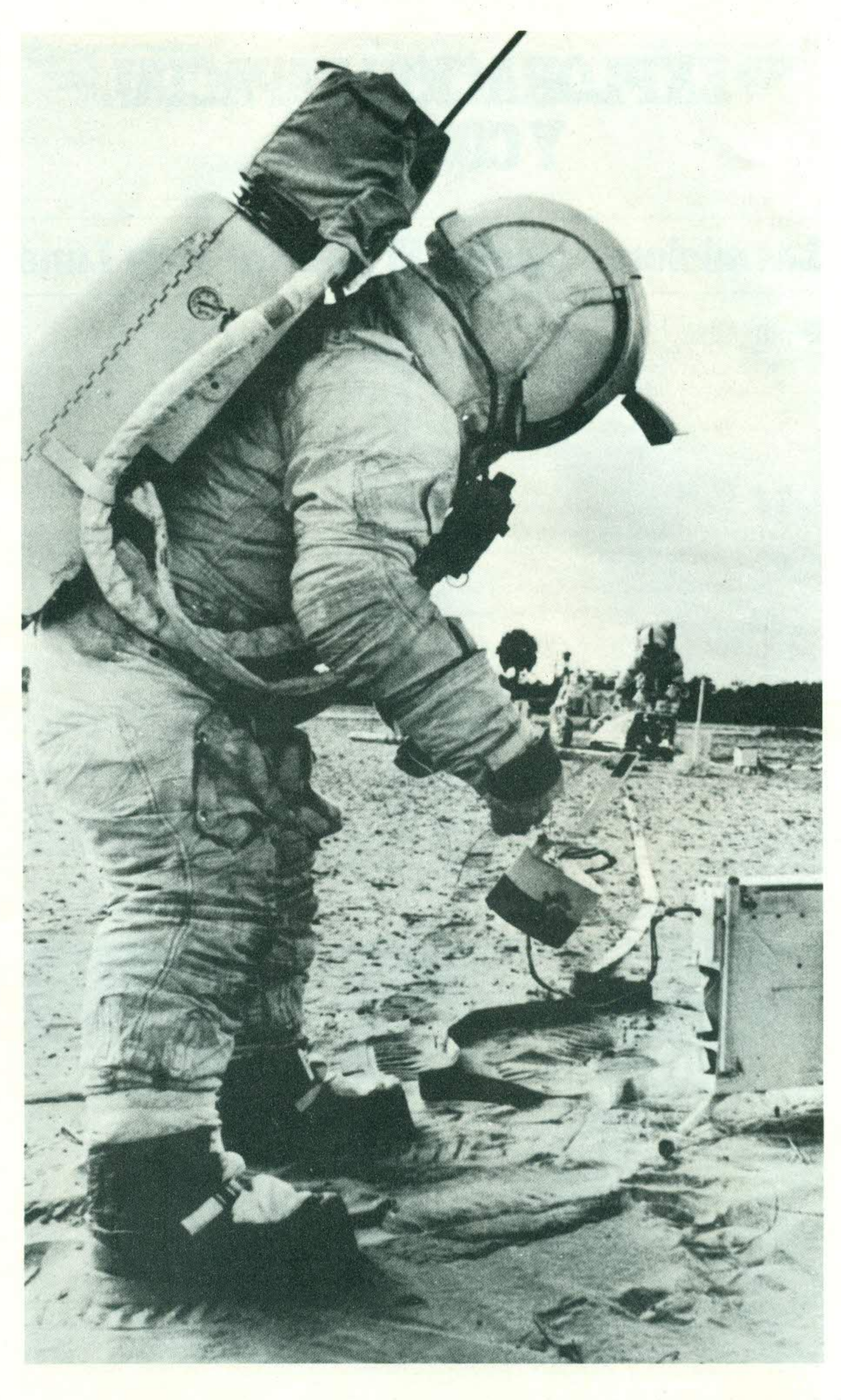
Entre los experimentos sismográficos el Apollo XII tiene un plato fuerte: desde la órbita lunar, una vez emprendido el regreso el LEM será estrellado intencionadamente contra la superficie. Su impacto será registrado por los sismógrafos pasivos, enviando a los científicos de la Tierra valiosas informaciones sobre la estructura geológica del satélite, su composición y materiales.

Se produce una conmoción: al estrellarse el LEM, la Luna parece entrar en resonancia,



Vista del Centro Espacial Kennedy.

Los astronautas del Apollo 14, Ed Mitchell y Alan Shepard realizan prácticas de desplegar el paquete de instrumentos experimentales.



esto es que las vibraciones producidas por el impacto tardarán excesivo tiempo en apagarse. Parece como si la superficie selenita fuese un inmenso gong chino. Fenómeno misterioso que no ha recibido (que nosotros sepamos, al menos) explicación científica.

El trece trae mala suerte

La tripulación del Apollo XII, como sus predecesores regresaron a la Tierra con toda normalidad, trayendo a bordo 35 kg. de rocas lunares y siendo recogidos como ellos por el Hornet.

Per aquí se acaba la tranquilidad. El Apolo XIII, será el vuelo "gafado".

El 11 de abril de 1970, James Lovell (veterano del Apollo VIII), Fred Haise y John Swigert, parten a bordo de sus módulos "Odyssey" y "Aquarius". Y el vuelo va a convertirse en una odisea.

Cincuenta y cinco horas y cincuenta y cinco minutos después, ya en pleno vuelo translunar, la voz de Lovell comunica a la NASA:

"Houston. Tenemos problemas".

Y vaya si los tenían. Había estallado uno de los dos depósitos de oxígeno que alimentaban los generadores eléctricos del módulo de mando, causando graves daños en el otro depósito y en dos generadores. Un panel exterior había salido despedido. Todo el sistema eléctrico de la nave de mando quedó fuera de servicio cuando hubo que desconectar el tercer generador para que no se inhabilitase con la sobrecarga.

Los tres astronautas hubieron de refugiarse en el "Aquarius" y el viaje a la Luna quedó suspendido. Pero como el Apollo ya se había acelerado hacia el satélite, para hacerles volver habría de circunvalarlo.

El día 17 de abril, tras una interminable odisea, cinco correcciones de rumbo, la angustia constante de que se agotasen las reservas de oxígeno del módulo lunar, convertido ahora en balsa de naúfragos, o de que se consumiese el elemento químico absorvente del anhídrido carbónico (hidróxido de litio) o que se descargaran las baterías del "Aquarius" o tantas otras circunstancias, el Apollo XIII cae a cinco kilómetros del portahelicópteros Iwo Jima, en pleno Pacífico Central. Curiosamente se trataba del más preciso de los amerizajes producidos hasta entonces en el programa.

Hubo una pausa en los lanzamientos tras el desastroso "vuelo trece". Se acometió la tarea de hacer cada vez más perfectos los vehículos y más improbables los accidentes. Las siguientes cápsulas contarán con un depósito de oxígeno de emergencia, utilizable sólo como reserva, nuevas baterías de larga vida auxiliares y mayor cantidad de agua potable. Los del Apolo XIII se habían quejado, sobre todo, de la sed.

El lugar elegido era la llanura de Cayley, en la llamada región de Descartes. El "Rover" había sido mejorado en algunos pequeños detalles y el equipo de perforación también (todas las misiones habían encontrado dificultades para excavar el suelo lunar) así como la cámara de TV instalada en el LRV (el "jeep" era así denominado oficialmente Lunar Roving Vehicle, vehículo de vagabundeo lunar) que había sido dotada de una rótula soporte para poder retransmitir el despegue del LEM con control remoto terrestre.

Continuaron los incidentes menores. Du-



Exhibición del cohete Saturno V

rante su primer paseo lunar, uno de los astronautas, el comandante de la misión John W. Young tropezará con los cables de conexión de uno de los instrumentos del ALSEP, rompiéndolo. Se quejará amargamente: "si hubiese dispuesto de un destornillador, lo hubiese reparado".

Nuevo récord de permanencia sobre el satélite: esta vez 71 horas y 2 minutos, veinte de ellas fuera del LM "Orión", otro récord.

Incluso se efectuó la primera carrera de fórmula LRV: Young aceleró el "Rover" hasta alcanzar 12 km/h. y viró bruscamente para comprobar los efectos de derrapaje.

Se recogieron casi 100 kg. de las acostumbradas muestras geológicas y una de ellas pesará casi 6 kg. Dos récords más para el Apolo XVI.

Como la misión anterior, se colocó un subsatélite en órbita lunar y a su regreso serán recogidos por el veternao portaviones Ticonderoga.

Larga estancia en el Hilton lunar

El último vuelo Apollo, el XVII, incluirá entre su tripulación a un hombre de ciencia, el geólogo Harrison H. Smith. Los otros dos tripulantes serán Ronald Evans y Eugene A. Cernan, un veterano de los programas Gemini y del vuelo del Apollo X.

Totalizaron setenta y cinco horas en el blanco satélite y pasearon por él durante veintiuna horas, recogiendo más de 113 kg. de rocas e instalando nuevos equipos científicos ALSEP y SIM (Scientific Instrument Module) con diez nuevos sistemas creados para completar los datos de todo tipo sobre la Luna. Se tratará de un masímetro, velocímetro y frecuencímetro de meteoritos, un gravímetro de superficie y algunos otros equipos, entre los que se destaca un "buscador de agua".

Como un nuevo símbolo, el módulo de mando será apodado "América" y el de descenso "Challenger". La "América desafiante" intentará llegar a la zona de las colinas de Taurus y lo conseguirá, regresando a la Tierra el 19 de diciembre de 1972, a la vista del portaviones Ticonderoga.

Doce astronautas habrán puesto sus pies sobre la Luna cuando con este vuelo el programa se cancela. Se habrán instalado seis estaciones científicas que durante mucho tiempo suministrarán datos a los técnicos de la NASA y se habrán conseguido 382,800 kg. de rocas y minerales lunares, miles de fotografías y películas y permanecer allí durante doce días en total.

¿El coste? Casi tres mil millones de dólares y tres vidas humanas.

El vuelo del "Kitty Hawk"

En la siguiente experiencia volverá al espacio Alan Shepard, primer norteamericano que salió a él en la cápsula Freedom 7 del primitivo programa Mercury.

El módulo de mando será bautizado "Kitty Hawk" en honor a las colinas que vieron el primer vuelo humano propulsado, el ya lejano 1903. Y el LEM será apodado "Antares", estrella situada a 200 años luz de la Tierra y número trece en magnitud de brillo. A pesar de ello y quizás dando la razón a los escépticos, proporcionó "buena estrella" al vuelo.

Hubo sus problemas en el vuelo, como si la mala racha aún no hubiese acabado, pero se resolvieron a medias entre los técnicos de Houston y los propios astronautas. El día 5 de febrero, cinco días después de su despegue desde Florida, la "Antares" se posaba sobre Fra Mauro, antiguo objetivo de la fracasada Apollo XIII. Nuevo récord: se aluniza a veintiseis metros del punto previsto, la mayor precisión conseguida hasta entonces.

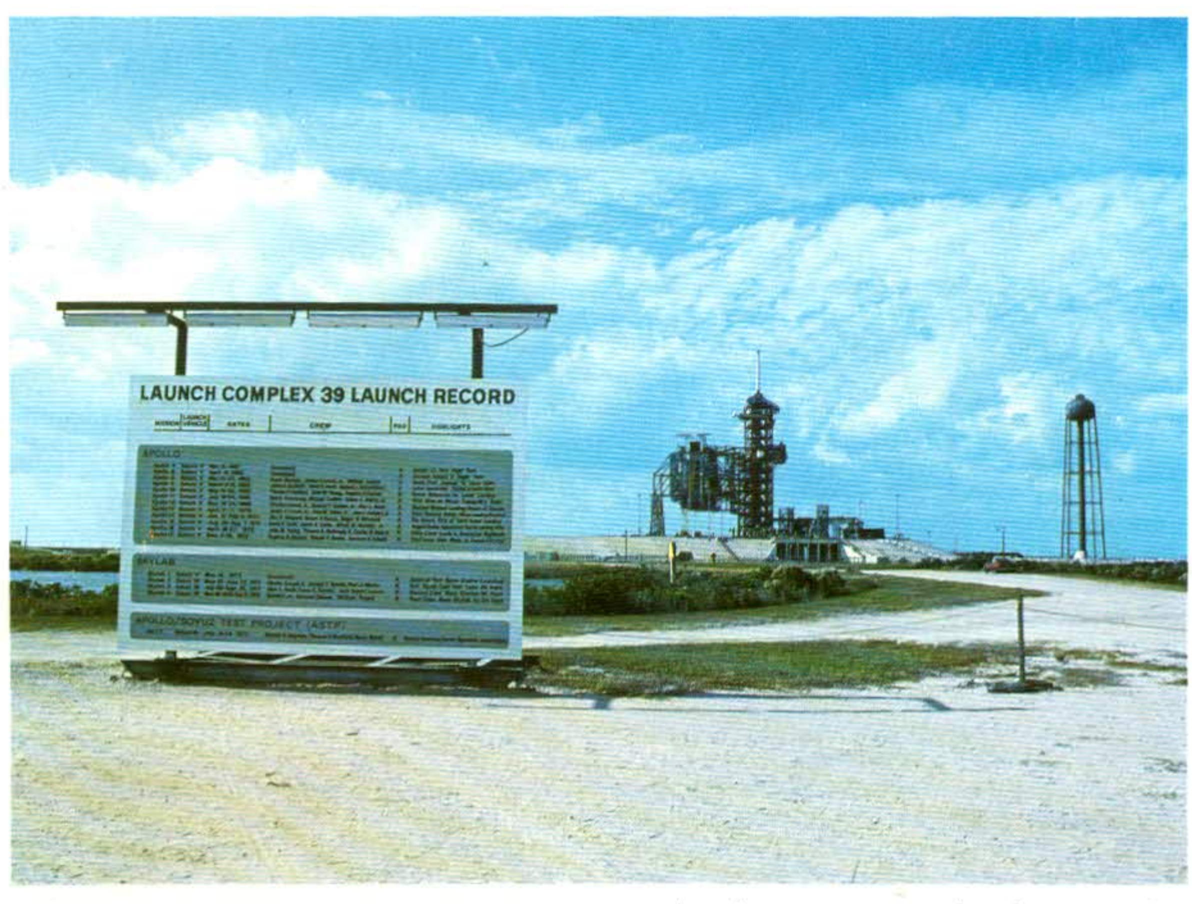
Shepard y Mitchell (como cada vez, un tripulante permanece en el Módulo de mando, esta vez Roosa) colocan su equipo ALSEP, un retrorreflector láser y un magnetómetro. Se refugian en el LEM y esperan al día siguiente, cuando intentarán subir al borde de un cráter cercano. Allá se dirigen con un carrito portátil para transportar muestras geológicas.

Se produce una nueva decepción: los dos hombres se desorientaron, probablemente por la monotonía del paisaje, ausente de puntos de referencia y llegaron casi al agotamiento vital, hasta que reciben la orden desde la Tierra de interrumpir la expedición y regresar al LEM. Habían llegado a menos de treinta pasos del punto elegido, pero no se habían percatado de ello.

El día 9 de febrero de 1971, el "Kitty Hawk" ameriza en las cercanías del New Orleans, dando por concluída la tercera misión lunar con éxito.

El "buggy" lunar se pasea por la Luna

El 26 de julio despegará el Apollo XV con David Scott, James Irwin y Al Worden a bordo. El vuelo incorpora varias novedades: dispone del nuevo módulo lunar modelo Juliett o J, con mayor capacidad de oxígeno, agua y baterías eléctricas de larga duración. Podrá permanecer sobre la superficie lunar más tiempo que sus predecesores. Exactamente el doble. Pero, además cuenta con el LRV, el famoso "jeep" o "buggy" lunar. Construido por Boeing, se trata definitivamente de un vehículo de cuatro ruedas neumáticas (a pesar de que teóricamente este tipo había sido excluido) construidas en cuerda de piano con la banda de rodamiento reforzada por tiras de titanio en V (chevron). Llevaba un complejo sistema de navegación que debía permitir el fácil regreso de los astronautas al LEM, después de recorrer 20 o 30 km. a una velocidad máxima teórica de 16 km/h. Estaba propulsado por motores eléctricos con tracción a las cuatro ruedas independientemente y una potencia de 1/4 de hp cada uno. Pesaba 180 kg. en la Tierra, medía 3,10 metros de longitud y 1,15 de altura y estaba dotado de dirección por parejas a las cuatro ruedas.



Complejo 39 de lanzamiento

Sus dos asientos lado a lado disponían de mando central y presentador de datos. Su sistema de navegación impedía la desorientación padecida por los anteriores viajeros, pudiendo retornar a su punto de partida sin el menor error.

Constituyó todo un éxito y fue utilizado ya en todos los vuelos Apollo.

Quince Apollo

El 26 de julio de 1971 se inicia el vuelo del Apollo XV, cuyo CM será denominado "Endeavour" y su LM como "Falcon". Alunizarían a escasos cien metros del punto previsto en la región del barranco Hadley, junto a los montes Apeninos. Sus tripulantes eran David R. Scott, comandante; James B. Irwin y el piloto del módulo de mando Alfred M. Worden.

Alunizaron el 30 de julio en la llanura de Palus Putredinis, a unos 3 kms. de la cordillera de los Apeninos, a menos de 1 km. de la grieta de Hadley y entre 4 y 2 kms. de distancia de dos interesantes grupos de cráteres denominados respectivamente grupo norte y sur. Casi tres días, exactamente 67 horas, emplearon los hombres del "Falcon" en sus tres exploraciones que totalizaron 26 km., a bordo de la "pulga" lunar. Llegaron hasta el borde de la grieta Hadley, visitaron numerosos cráteres, recogieron casi ochenta kilos de muestras geológicas, algunas de ellas excavadas a casi tres metros de profundidad y en su regreso a la Tierra colocaron en órbita un pequeño subsatélite científico, destinado a transmitir datos sobre el campo gravitatorio lunar y sus anomalías.

Como anécdotas del vuelo mencionaremos que los dos astronautas abandonaron sobre nuestro satélite una maqueta de astronauta y que su despegue fue retransmitido por TV desde la cámara instalada en el Rover. Su sismógrafo completaría la primera cadena de detección sísmica instalada en la Luna.

A su regreso, la cápsula "Endeavour" será recogida por el portahelicópteros Okinawa. Y por vez primera en los vuelos Apollo, sus tripulantes no tendrán que sufrir la penosa cuarentena de aislamiento que todos los "hombres de la luna" han padecido a su regreso hasta comprobarse que no eran portadores de ningún microorganismo espacial.

El gigante hijo de la Tierra viola a Artemisa

El Apollo XVI escogerá para su vehículo lunar un nombre mitológico muy en consonancia con su misión: Orién, gigante hijo de la Tierra que será convertido en constelación por intentar violar a Artemisa, diosa de la caza y de la castidad, identificada con la Luna. Una cita muy clásica al gusto de la culta NASA.

Y como el mítico gigante de la mitología griega, estuvo a punto de no conseguir su objetivo: despegado de Cabo Kennedy el 16 de abril de 1972, ya en órbita lunar y a punto de iniciar el descenso, el motor de frenado ocasionó algunas vibraciones indeseadas. Se aplazó el alunizaje durante algunas horas e incluso se llegó a pensar en su anulación. Investigada la falla y comprobado que no ofrecía riesgos mayores, se autorizó su descenso seis horas después de lo previsto, reduciéndose lógicamente el tiempo de permanencia sobre la Luna.

Las sondas robot de exploración Lunar: Ojos en el Espacio

La afanosa pequeña historia de las sondas robot espaciales ha tenido dos vertientes bastante diferenciadas pero con ligazones evidentes. Mientras que la Unión Soviética centró sus esfuerzos en la plena investigación científica y en la actualidad se está viendo que cosecha importantes logros en ese campo, los estadounidenses, no sin olvidar las misiones experimentales, se fijaron la irrelevante meta de poner un hombre en la superficie del satélite. Aun así, esta disparidad de puntos de vista está aportando conocimientos científicos de capital trascendencia. Los balbuceantes primeros pasos dados por ambas potencias se han convertido en la actualidad en ambiciosas misiones de exploración interplanetaria e interestelar. El desarrollo de los acontecimientos protagonizados por las primitivas sondas no tripuladas destinadas a examinar algo tan cercano como hoy resulta la Luna, con sus fracasos y éxitos, configuran una abigarrada historia que marcó el desarrollo científico por dos décadas.

Antesala de la Luna

La Guerra Fría que "estalló" y tuvo lugar entre el Este y el Oeste tras el fin de la Segunda Guerra Mundial fue el mayor factor concurrente en la aceleración de los progresos relacionados con las fronteras del espacio. El primer misil intercontinental fue evaluado en largo alcance en agosto de 1957, y dos meses más tarde la Unión Soviética sorprendió al munco científico y profano al poner en órbita el primer Sputnik. Y fue una modificación del mismo cohete básico la que lanzó la primera sonda lunar en lo que se convertiría en el principio de una atropellada exploración espacial.

No obstante, estos no fueron los primeros intentos para alcanzar la Luna. Casi un año antes de que la Unión Soviética lograse estos éxitos, la Fuerza Aérea de los Estados Unidos (USAF; United States Air Force) estaba llevando a cabo denodados esfuerzos para lanzar pequeñas cargas útiles a las trayectorias translunares requeridas.

En medio de gran expectación, en Cabo Cañaveral (hoy Cabo Kennedy) en el verano de 1958, el Thor-Able I estaba siendo preparado para lanzar una sonda espacial Pioneer de 38 kg. El propósito perseguido era el de emplazar a la pequeña nave en una órbita lunar para de este modo obtener fotografías cercanas del satélite mediante una rudimentaria cámara de televisión.

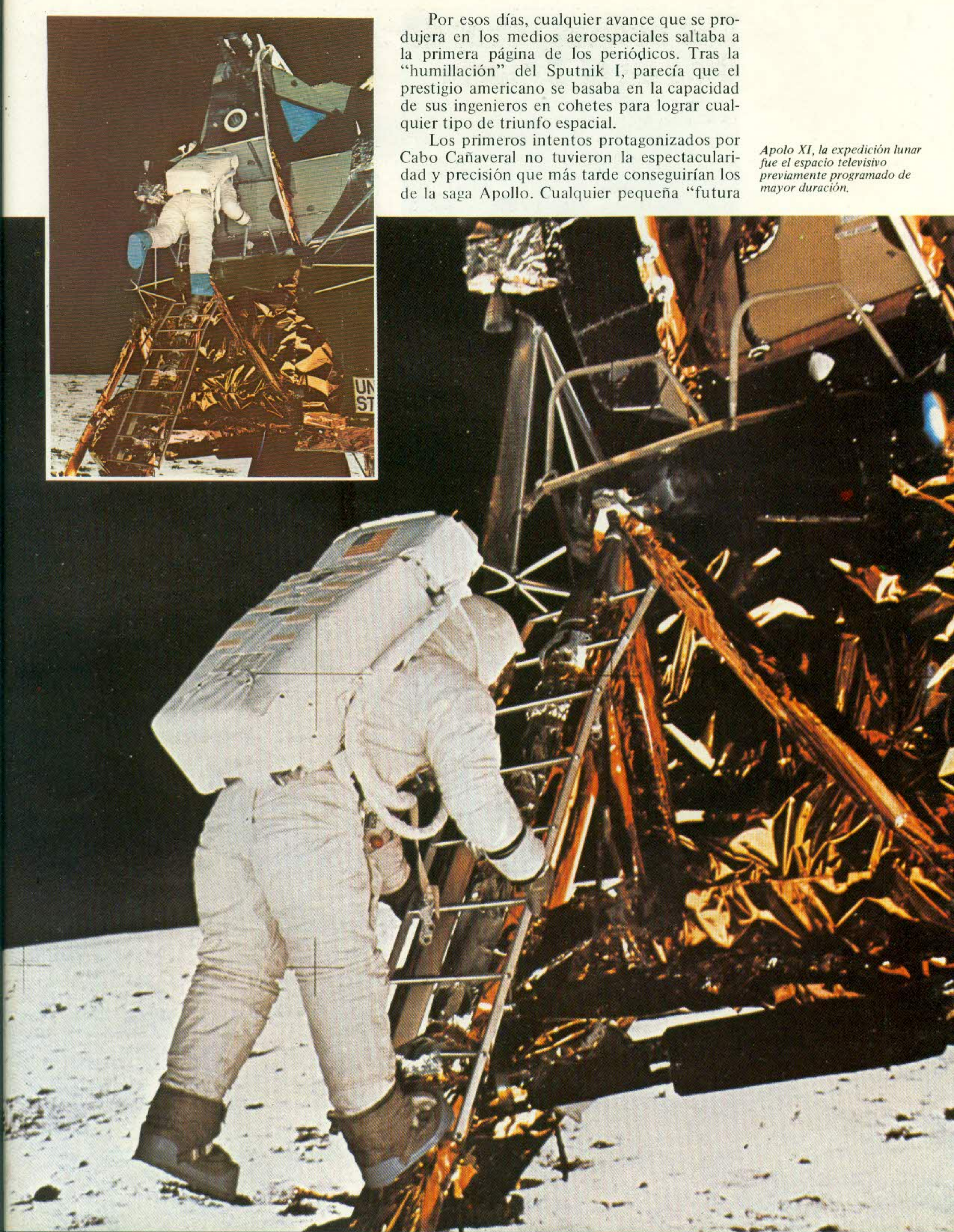
La por entonces formidable etapa de lanzamiento estaba compuesta por un acelerador que de hecho era un Thor IRBM, por una segunda etapa a base de un Vanguard modificado y que incluía ocho cohetes de giroestabilización, y por un cohete por inyección de propelente sólido y también derivado del programa Vanguard. El peso total al lanzamiento excedía los 47.628 kg.

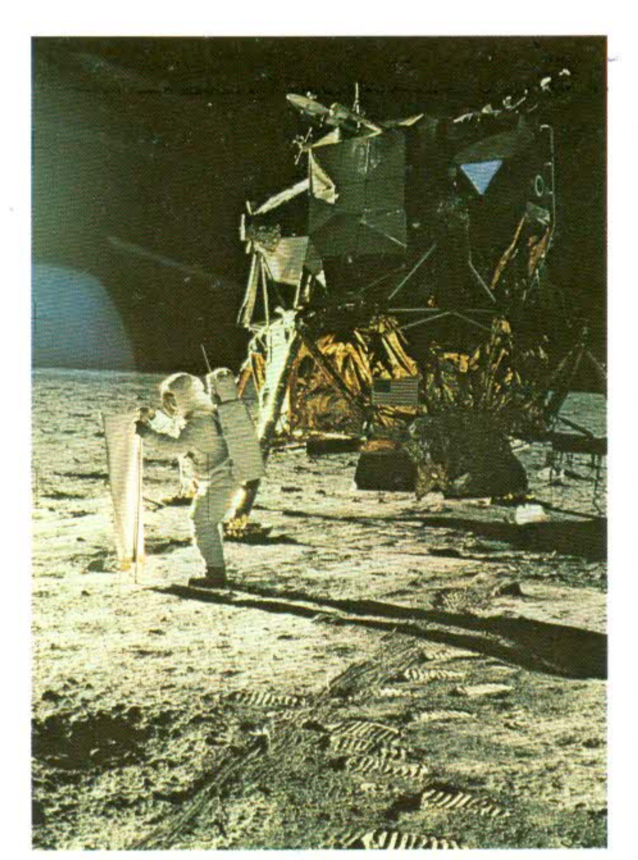


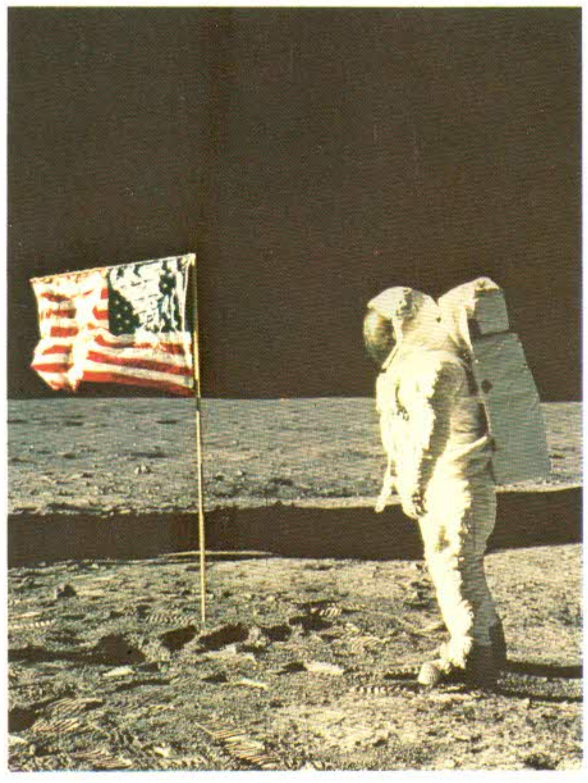
Por esos días, cualquier avance que se produjera en los medios aeroespaciales saltaba a la primera página de los periódicos. Tras la "humillación" del Sputnik I, parecía que el prestigio americano se basaba en la capacidad de sus ingenieros en cohetes para lograr cualquier tipo de triunfo espacial.

Los primeros intentos protagonizados por Cabo Cañaveral no tuvieron la espectacularidad y precisión que más tarde conseguirían los de la saga Apollo. Cualquier pequeña "futura

Apolo XI, la expedición lunar fue el espacio televisivo previamente programado de mayor duración.







El alunizaje tripulado no hubiese sido posible sin el ardúo trabajo previo de las sondas robot. En las fotos, desplegando la bandera estadounidense sobre la superficie lunar.

gesta" que hipotéticamente fuese a producirse era proclamada unos días antes del lanzamiento y las cadenas de televisión se personaban en el lugar y la hora para dar puntual información "in situ" del éxito o fracaso que iba a tener lugar. Asimismo, los sistemas de televisión se empezaron a considerar como útiles instrumentos para proporcionar a los científicos los datos necesarios para analizar las causas de los posibles fallos.

Uno de los principales avances en este sentido se produjo con un lanzamiento de la USAF en 1958 y corrió a cargo de un equipo de la ITN, al mando del cual se encontraba la periodista Lyne Reid Banks (que más tarde se haría popular como autora, entre otras, de novelas como "La habitación en forma de L").

Para este primer intento de sondeo lunar, el proyecto previsto se presentaba muy ambicioso. En particular, requería una guía precisa del vehículo de lanzamiento y del encendido de los retrocohetes cuando el Pioneer fuese captado por el campo gravitatorio de la Luna.

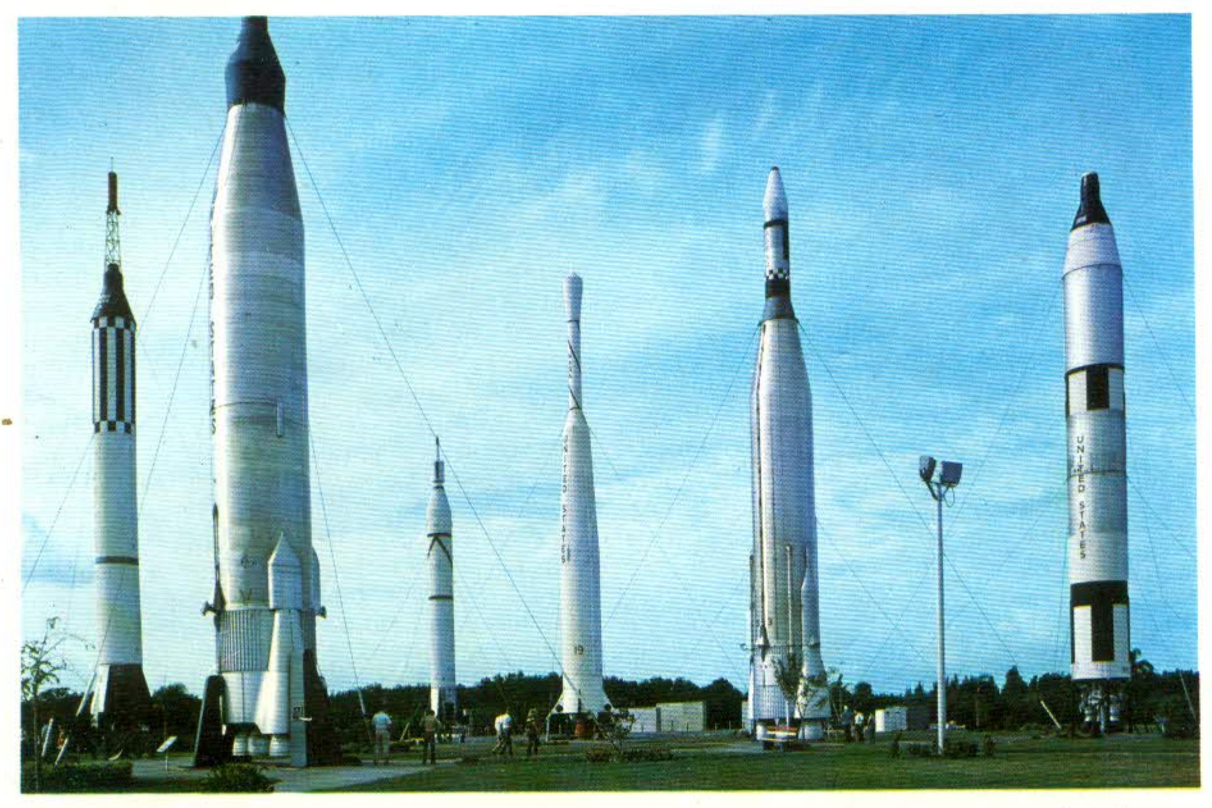
A parte de los retrocohetes de propelente sólido y de ocho cohetes de ajuste fino, la sonda contenía una pantalla de televisión infrarroja, instrumentos para medir los campos magnéticos asociados con la Tierra y la Luna, la densidad de los micrometeoritos, baterías químicas y equipo de radiocomunicaciones. La "cámara" era un simple sistema de radiaciones térmicas de 397 gramos. Consistía en un pequeño espejo parabólico diseñado como un foco que reflejaría la luz de la superficie lunar a una celdilla que transmitiría un voltaje proporcional a la cantidad de luz recibida. El fotograma resultante podía de este modo contar con diferentes grados de luz y sombras.

Tras el lanzamiento a las 7,14 horas de la mañana, hora local, el conjunto parecía progresar según lo previsto, hasta que, al cabo de 77 segundos, el acelerador Thor estalló repentinamente en un millar de fragmentos. Las etapas superiores junto con la sonda Pioneer continuaron progresando en una ruta a través del Atlántico hasta que se precipitaron al mar.

Tras este nuevo fracaso estadounidense se inciaron investigaciones referentes a las razones de porqué había estallado la primera etapa, principalmente debido a que los Thor IRBM eran por entonces los puntales de primera línea sobre los que se apoyaba la defensa occidental y, naturalmente, peligraba el prestigio americano. Posteriormente, el fallo fue atribuido a un imprevisto en la planta motriz de esa primera etapa.

Casi inmediatamente fue preparado otro Thor-Able, con una sonda Pioneer IB de 38,3 kg., más pesada que la anterior. El cohete se elevó desde su plataforma de lanzamiento el 11 de octubre de 1958 y, según los observadores, todo discurría sin novedad. No obstante, las mediciones de trayectoria revelaron rápidamente que la velocidad de separación de la tercera etapa era 206 km/h. demasiado lenta. Tras la separación de la sonda, la velocidad seguía siendo lenta, pero ahora ya el receso se cifraba en 547 km/h. menos y a pesar de los intentos realizados desde el control en tierra que pretendían incrementar la velocidad gracias al encendido de los cohetes de ajuste, el Pioneer apenas si logró alcanzar una cota de 113.000 km. y debido a todo esto inició un brusco regreso a la Tierra. Se inflamó al re-entrar en la atmósfera sobre el Pacífico Sur, a 43 horas, 17 minutos y 30 segundos tras el lanzamiento.

A pesar de no haber logrado su misión primaria (la de orbitar la Luna) la sonda había



Exhibición de diversos cohetes en el Centro Espacial Kennedy

suministrado a los científicos un gran número de informaciones sobre los lindes del espacio.

El hecho de que nuestro planeta está envuelto por un manto de radiaciones atrapadas por el campo magnético de la Tierra, no fue descubierto hasta el Explorer I. En la actualidad, cualquier nave espacial es lanzada a través de esa radiación. Las mediciones del Explorer I mostraron que sobre el Ecuador las radiaciones se extendían hasta una altura de 8.000 a 11.000 km., pero que a partir de los 14.000 km. el nivel de radiaciones disminuye a medida que se aleja hacia el norte y el sur del Ecuador.

A parte de la cámara de ionización y un magnetómetro centrífugo, el Pioneer IB llevaba un micrófono especial para la detección de micrometeoritos (pequeñas partículas debidas a la formación del Sistema Solar). Este instrumento de 3,3 cm. de diámetro registró 11 impactos de micrometeoritos "lentos" durante las nueve primeras horas, mientras que el régimen de impactos disminuía a medida que aumentaba la altura.

El instrumento principal del programa, la pantalla infrarroja de televisión, no pudo, obviamente, ser empleada en su tarea primordial, es decir, en fotografiar la Luna.

El 7 de noviembre de 1958, otro Thor-Able despegaba desde la plataforma de lanzamiento, con la sonda Pioneer 2 de 39,6 kg. El Thor sólo completó su función hasta que la segunda etapa no se había encendido. El vehículo lanzador terminó su trayectoria a unos 1.500 km. de altura y regresó a la atmósfera tras 45 minutos de vuelo. El vehículo era similar a sus predecesores, pero incorporaba un sistema de mando Doppler para eliminar los errores en los límites de velocidad que causaron el fracaso de la misión Pioneer IB. Los instrumentos científicos incluían el sistema de televisión por rastreo de la imagen, un contador proporcional de las medidas radioactivas, cámara de ionización, magnetómetro y resistencias para la alteración de la temperatura.

Los impactos de los micrometeoritos registrados por el Pioneer 2 sugerían que éste había atravesado una auténtica lluvia de meteoritos. El primer impacto se registró a una cota de 1.131 km. A continuación se mantuvo un ritmo de tres impactos por minuto, hasta que la sonda alcanzó una altitud de 1.422 km., momento en que empezó a incrementarse el ritmo de impactos hasta una cadencia de 16 por minuto.

De este modo terminó la primera serie de misiones Pioneer que, aun siendo clasificadas como fracasos, proporcionaron un gran número de experiencias para misiones futuras. A parte de los iniciales resultados científicos referentes al campo magnético terrestre, esta serie de lanzamientos sirvieron para evaluar un buen número de técnicas de ingeniería.

Las últimas evidencias venían a probar que las sondas podían resultar dinámicamente estables gracias a una racional disposición del equipo interior y al empleo de cohetes giroestabilizadores. Los primeros esfuerzos se encaminaron a conseguir un control térmico gracias a unas tiras adosadas en el exterior de la sonda; las tiras negras absorbían calor mientras que las blancas lo reflejaban.

Si el lanzamiento tenía que ser pospuesto y la nave quedaba expuesta a las subsiguientes alteraciones de las sendas de vuelo y a los cambiantes ángulos solares, las tiras podían ser convenientemente añadidas o suprimidas a fin de compensar las nuevas situaciones.

La saga de los Juno

Ahora tocaba el turno al US Army, que empleó un lanzador de cuatro etapas, el Juno II, desarrollado por el equipo del Dr. Vernher von Braun en Huntsville, Alabama. Un cohete militar (el Júpiter IRBM de 60 toneladas) fue empleado como primera etapa, con un "tubo de giroestabilización" consistente en cohetes Baby Sergeant de propelente sólido en lugar de la cabeza de guerra.

El grupo del Ejército empleó un sistema similar para lanzar el Explorer I, utilizando el misil Redstone, más pequeño, como primera etapa, y contenedores de giro compuestos de Baby Sergeant.

El Juno II medía 23,2 metros de altura y contaba con un peso al lanzamiento de 54.880 kg. En la sección de giro había alojados once Baby Sergeant que formaban la segunda etapa, mientras que tres de estos cohetes formaban la tercera, y un solo Baby componía la cuarta etapa que era la que llevaba la sonda. Al lanzamiento, la unidad estaba carenada por un cono superior desprendible en vuelo.

Esta pequeña nave cónica, fabricada en fibra de vidrio bañada en oro, contenía un radio transmisor de medio kilo, dos contadores de radiaciones Geiger-Mueller, un sensor fotoeléctrico y un mecanismo de giro. El Pioneer 3 pesaba 5,87 kg., mientras que el Pioneer 4 pesaba 6,08 kg.

La intención del proyecto giraba en torno a conseguir que la sonda pasara cerca de la Luna (sin contar para nada con retrocohetes ni puestas en órbita lunar) y de este modo obtener fotografías de la superficie del satélite. Pasando por detrás de la Luna y oculto del Sol, el sistema fotoeléctrico podría captar las instantáneas cuando la luz pasara entre dos estrechas aberturas en las celdas fotoeléctricas.

El Pioneer 3 despegó de Cabo Cañaveral el 6 de diciembre de 1958. Si la intención es que la sonda pasara a unas decenas de miles de kilómetros de la Luna, el lanzador tenía que alcanzar una velocidad de escape de 39.000 km/h. Dos minutos 58 segundos después del lanzamiento, el corte propulsivo del Júpiter se produjo, pero tres segundos antes de lo previsto. Esto produjo que la velocidad en ese instante resultara 600 km/h. más lenta y que se perdiera un grado en el ángulo de vuelo previsto. Así, se encendieron las etapas superiores y el Pioneer se separó, pero, naturalmente, la velocidad de escape resultó casi 3.000 km/h. menor, por lo que de nuevo los ingenieros contemplaron como la sonda volvía hacia la Tierra, destruyéndose en el reingreso a la atmósfera.

Durante las 38 horas, 6 minutos del vuelo, se obtuvieron preciosos datos sobre el cinturón de radiaciones Van Allen. Los detectores Geiger-Mueller indicaron la presencia de un cinturón interno de radiaciones que se extendía por 3.200 km., y un cinturón externo que alcanzaba los 16.093 km. Por encima de esta cota, las radiaciones descendían hasta el nivel normal en los 64.000 km. En la actualidad, se considera que las radiaciones atrapadas por el campo magnético terrestre forman un solo cinturón, pero de diversas intensidades.

El 3 de marzo de 1959 fue lanzado otro Juno II con el Pioneer 4, con la misión de pasar a 35.000 km. de la Luna. La primera etapa funcionó tal como estaba previsto, pero en la segunda etapa los Baby Sergeant estuvieron en acción un segundo más de los calculados. La elevación y el ángulo de azimut cambiaron de forma importante, mientras que las subsiguientes etapas continuaron el proceso determinado, lo que provocó una velocidad final suficiente como para poner a la sonda en órbita solar. En la actualidad, el Pioneer 4 pasa a 60.000 km. por delante de la órbita lunar, y a una velocidad de 6.900 km/h.

Una vez más se obtuvieron importantes informes sobre las radiaciones espaciales, aunque esta vez en distancias superiores a los 90.000 km. La estación de seguimiento de Goldstone perdió finalmente el contacto con la sonda después de 82 horas, y cuando ésta se encontraba a una distancia de 654.000 km.

Se introdujo una serie de sondas Pioneer completamente nueva cuando el pesado vehículo de lanzamiento Atlas estuvo disponible, gracias a los auspicios de la por entonces recientemente creada Administración Nacional Aeroespacial (NASA).

Este lanzador de 30 metros de altura, conocido como Atlas-Able, comprendía un ATLAS ICBM modificado como primera etapa, con un cohete de propelente sólido adaptado como segunda etapa, y una tercera etapa de propelente sólido de la misma familia; el peso al lanzamiento venía a ser de unos 115.000 kg.

Los vehículos espaciales tomaron la forma de una esfera de 99 cm. de diámetro y que pesaban 175 kg., empleando células solares para generar electricidad directamente de la luz del Sol. Cuatro grandes paneles conteniendo 1.100 células eran abiertos cuando la sonda se separaba de la última etapa.

El vuelo fue previsto como el primer empleo del Atlas como etapa superior; el primer vuelo probó la unidad de propulsión por propelente sólido para las correcciones de velocidad sobre la marcha, y en particular para evaluar los inversores de empuje al entrar en la vecindad de la Luna y de su campo gravitatorio.

La unidad de propulsión, montada en el eje de la nave, empleaba un nuevo combustible a la hidrazina. Constaba de dos cámaras de combustión, una en cada extremo, pudiendo actuar tanto como retrocohetes como cohetes correctores. Las cámaras se encendían espontáneamente cuando la hidrazina contenida en un depósito esférico de 66 cm. de diámetro, pasaba por un catalizador de óxido de aluminio cercano a la tobera.

El motor de recorrido medio podía encenderse por más de cuatro segundos, al tiempo que el retrocohete entraba en funcionamiento cuando la sonda se encontrara a unos 8.000 km. de la Luna, para permitir que ésta la convirtiera en un satélite artificial suyo.

El mayor peso de la carga útil que hacía posible la superior potencia del vehículo lan-

zador permitía el alojamiento de más instrumentos científicos, consiguiendo con ello mejorar los estudios sobre radiaciones, campos magnéticos, nubles de plasma, explosiones solares y micrometeoritos.

Los instrumentos estandar consistían en un contador de radiaciones de alta energía, cámara de ionización, contadores Geiger-Mueller y un contador de radiaciones de baja energía. También viajaban a bordo dos magnetómetros, un cañón de exploración, sonda de plasma y un espectómetro de escintilación (centelleo) para medir los espectros energéticos de los protones en el espacio interplanetario. Los nuevos instrumentos hacían posible sondear la Luna para averiguar si ésta poseía un cinturón de radiaciones parecido al que la Tierra tenía atrapado por su campo magnético.

El mayor alcance de los instrumentos y las superiores cargas térmicas producidas por los complejos sistemas electrónicos, necesitaron un sistema de control térmico más avanzado que los usados previamente. Cada sonda poseía 50 alabes cuatripala pintados por su cara exterior en azul y blanco; entre ellos habían unas espirales de cable que se expandían al calentarse y se contraían al enfriarse. El calor era absorbido por los segmentos oscuros y reflejado por los segmentos claros. Cuando un segmento se recalentaba, la espiral se expandía y exponía menos azul y más blanco.

El nuevo programa Pioneer sufrió su primer altercado el 10 de septiembre de 1959 cuando un Atlas-Able I, afortunadametne sin la carga útil, se incendió y explosionó en Cabo Cañaveral mientras era sometido a pruebas estáticas de motor en la plataforma de lanzamiento.

Otro Atlas-Able estuvo preparado un par de meses después, realizándose las pruebas estáticas fuera de la plataforma. El vehículo despegó el 26 de noviembre de ese mismo año, con la sonda Pioneer. Todo parecía desarrollarse con normalidad hasta que, 45 segundos después, los observadores detectaron el desprendimiento de piezas y componentes de la sección superior del conjunto. La protección de fibra de vidrio se había roto y había dejado repentinamente a la intemperie a la etapa superior y a la carga útil, que se separó parcialmente debido a la presión del aire.

Así y todo, la etapa Atlas, todavía en fase de propulsión, continuó respondiendo a su programador automático. La interrupción de la fase de aceleración y sustentación se produjo según el plan trazado y la segunda etapa Able entró en acción pero sin separarse del resto del conjunto. La inevitable explosión que siguió a esta malfunción desparramó los fragmentos del Atlas-Able y el Pioneer sobre la costa occidental africana.

Casi un año después otro cohete lunar estaba listo en Cabo Cañaveral. El 26 de septiembre de 1960 un tercer Atlas-Able despegaba de la plataforma. En esta ocasión, los observadores fueron testigos de una fase correcta de ignición de la primera etapa. Cuando la etapa Able se separó, ésta falló al no conseguir el suficiente empuje. Por tercera vez, una sonda Pioneer se precipitaba hasta destruirse contra la atmósfera terrestre.

Una vez más, una sonda lunar Pioneer estaba dispuesta en la plataforma de lanzamiento. El 15 de diciembre de 1960, el Atlas-Able IV estalló en mil pedazos a 12.100 metros sobre el 12.º Complejo de Lanzamiento.

Esto marcó el final del programa lunar Pioneer. De los nueve lanzadores sólo uno se acercó suficientemente a la Luna, aunque con un margen de error de "sólo" 16.000 km.

Los Pioneer que siguieron a esta saga de desgracias fueron directamente enviados a adentrarse en las profundidades del espacio. Por ejemplo, el Pioneer 5, llevando una serie de variados intrumentos científicos, fue puesto en órbita solar en marzo de 1960. Este brillante experimento apadrinado por la NASA resultó en las primeras mediciones de cierta importancia obtenidas más allá de la órbita lunar. Las comunicaciones por radio con la sonda se mantuvieron hasta el 26 de junio de 1960, y a una distancia récord de 36.5 millones de kilómetros. A parte de las mediciones propuestas, el Pioneer V confirmó la existencia (anteriormente teorizada) de campos magnéticos interplanetarios y ayudó en gran manera a los científicos a juzgar los efectos de las manchas solares, las partículas energéticas y su distribución.

El Pioneer V constaba básicamente de una esfera de 66 cm. de diámetro y con cuatro paneles de células solares. El peso total venía a ser del orden de los 43 kg., incluídos los 18 kg. del instrumental. El lanzamiento del Pioneer V lo llevó a cabo un Thor-Able IV.

La última generación de Pioneer se hizo un lugar especial en la Historia astronáutica al revelar la verdadera naturaleza del espacio interplanetario; obviamente la capacidad de un ingenio espacial de trabajar a lo largo de dilatados períodos es fundamental en cualquier exploración espacial.

Los siguientes Pioneer eran sustancialmente diferentes. Con un peso de alrededor de 63 kg., tenían forma cilíndrica de 88 cm. de altura y 94 cm. de ciámetro.

Los sondeos planetarios

El Pioneer 6 fue lanzado el 16 de diciembre de 1965 y fue puesto en una órbita entre la Tierra y Venus. El Pioneer 7, lanzado el 17 de agosto de 1966, entró en órbita entre la Tierra y Marte. Estos vehículos llevaron a cabo la primera inspección detallada de la cara solar no inmediatamente visible desde la Tierra. La NASA puntualizó que estas observaciones servirían para mejorar los tiempos de prevención respecto a las nuevas expansiones radiactivas, que producían zonas tormentosas en el Sol durante períodos de más de 13 días.

El viento solar, los rayos cósmicos y las mediciones de los campos magnéticos obtenidas por estas naves espaciales en un período de varios meses, dieron a los científicos nue-

vos datos sobre los ciclos vitales de las tormentas solares durante varias rotaciones del Sol.

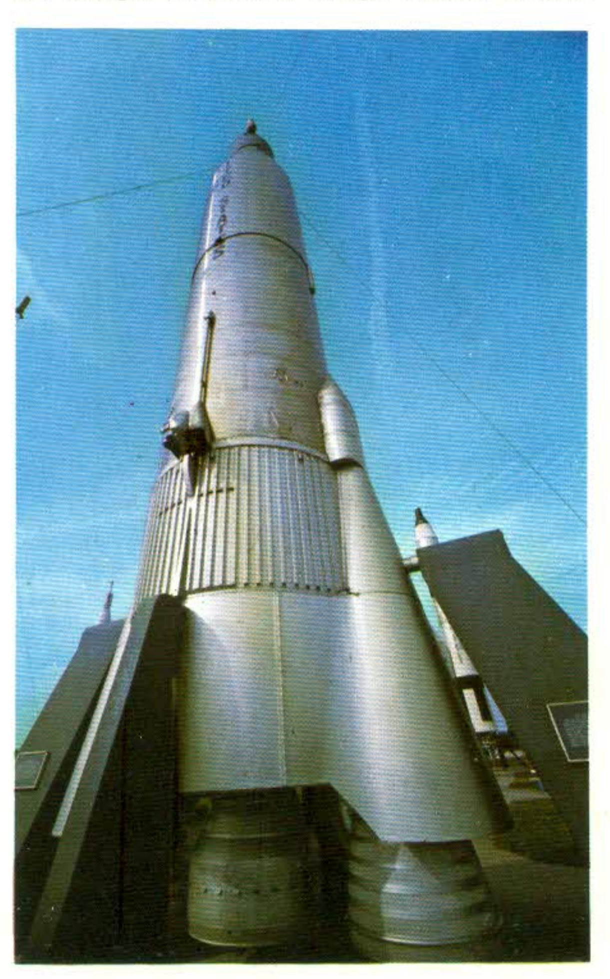
Mientras tanto, la NASA empezó a esbozar planes detallados para la exploración lunar. La nave robot resultante estaría destinada a establecer bases firmes para la exploración tripulada que se produciría al cabo de 10 años.

La primera sonda lunar de nueva generación fue el Ranger, desarrollado por el Laboratorio de Propulsión a Reacción de Pasadena, California. El diseño representaba un notable avance respecto a sus antecesores. Específicamente, se pretendía producir una nave no tripulada que podía estar estabilizada en los tres ejes y que tendría la posibilidad de orientar una antena de gran definición hacia la Tierra, generar electricidad con paneles solares extensibles y apuntar sensores instrumentales hacia la Luna.

Los dos primeros ejemplares (Ranger 1 y 2) fueron vehículos de evaluaciones, puestos en órbita terrestre para efectuar experimentos preliminares de ingeniería. Para sus días, estas naves resultaban extremadamente complejas, con un total de 19.200 componentes electrónicos activos.

De hecho fueron los prototipos de un amplio espectro de futuras naves espaciales, diseñadas por el mismo equipo de Pasadena, previstas para depositar cápsulas instrumentales en la Luna y tomar vistas realmente cercanas de la superficie lunar durante las trayectorias de impacto.

El diseño estandar adoptado por el ingenio Ranger incluía un cuerpo central tubular fijado a una base hexagonal que contenía el equipo necesario para el control y las comunicaciones en vuelo. Unos paneles solares parecidos a alas y una antena direccional fueron abisagrados a la base, con una antena omnidireccional extendiéndose desde el cuerpo central hasta el otro extremo. Una batería de plata y cinc emplazada en el hexágono para que, con sus 9.000 w/h, permitiese el funcionamiento de los sistemas hasta que las células solares entrasen en pleno funcionamiento y proveyesen energía autónoma. Sin ser recargada, la batería química podría abastecer a la nave durante dos días.



El Ranger I fue lanzado desde Cabo Cañaveral por medio de un Atlas-Agena B el 23 de agosto de 1961, y fue brillantemente situado en una órbita estacionaria que alcanzaba entre los 174 y 280 km., inclinada a 32 grados 54 minutos del ecuador. El motor de Agena B se re-encendió al cabo de 13 minutos pero, a pesar de que debía haber estado en funcionamiento durante 90 segundos, se apagó casi instantáneamente. En la actualidad se ha sabido que tal tipo de problemas también azoraron a los ingenieros espaciales soviéticos que asimismo adoptaron la técnica de las órbitas estacionarias.

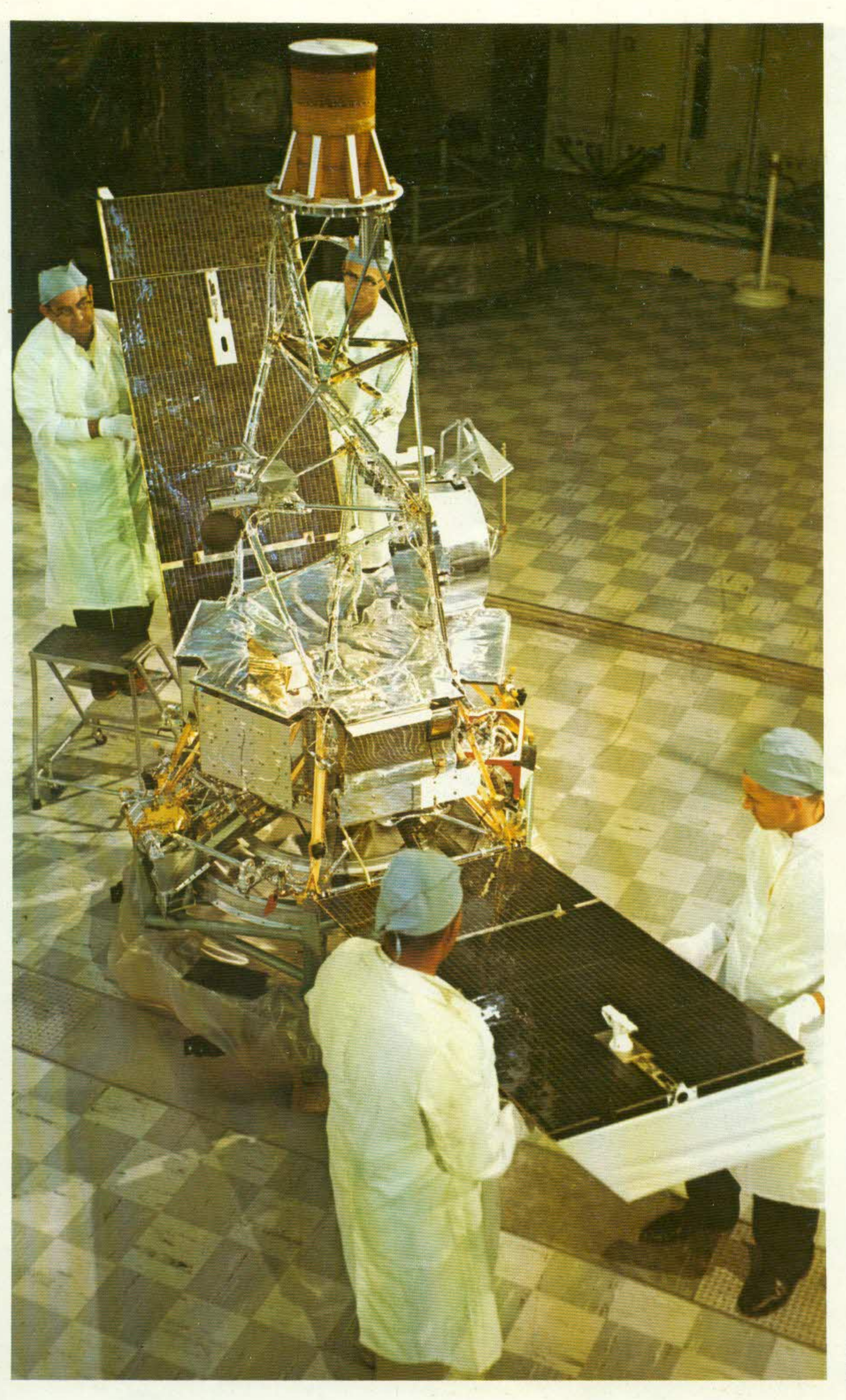
El Ranger I se separó del Agena y sus sensores apuntaron hacia el Sol, mientras los pequeños reactores a gas actuaban para mantener a la sonda en la dirección correcta, pero se desorientó completamente debido a que la sombra de la Tierra interrumpió la referencia primaria que era el Sol. La nave finalmente se incendió al re-entrar en la atmósfera, tras completar 111 circunvalaciones a la Tierra.

Algo similar le sucedió al Ranger 2, que entró en órbita estacionaria el 18 de noviembre de 1961. En esta ocasión, el re-encendido apenas si se produjo y la sonda regresó a la atmósfera un par de días después.

¿Cuál era el problema? Los datos telemétricos indicaron que los giros sobre su eje de la plataforma inercial del Agena eran casi inoperantes cuando, según lo previsto, el Atlas cabeceaba en la trayectoria de aceleración subsiguiente al despegue. Todo esto junto provocaba un desplazamiento hacia afuera de los propelentes, debido a la fuerza centrífuga. El motor se re-encendía momentáneamente, probablemente gracias a la pequeña cantidad de propelente que quedaba en las bombas, tras el primer período en que se encendía el Agena para depositar a la sonda en órbita estacionaria.

A pesar de estos tropiezos, los Ranger 3, 4 y 5 fueron preparados para misiones lunares con varios cambios que les hicieran más efectivos en cuanto a los instrumentos de investigación. Un pequeño motor cohete aseguraba maniobrabilidad a medio recorrido y podía proporcionar la suficiente precisión como para alcanzar un objetivo concreto.

En primer lugar se desplegaban las antenas y los paneles solares para poner a la nave totalmente en acción. El control tenía lugar de manera que un programador conseguía mantener la nave en tal orientación que sus senso-



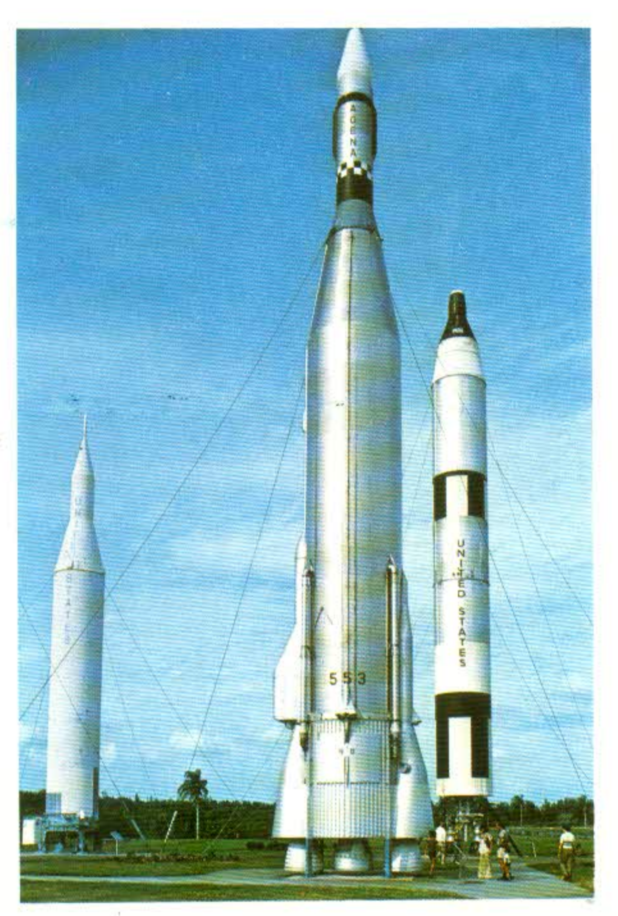
Un grupo de científicos ensamblan los paneles solares en la sonda Mariner.


UNITED
STATES



Modelo de la fase de acoplamiento de la nave Soyuz con el Apollo. En la investigación espacial, la URSS ha llevado la delantera a los EEUU, en determinados aspectos.

Vista parcial de la exhibición de cohetes en el Centro Espacial Kennedy.



res estuviesen, a toda costa, dirigidos al Sol. Cuando los sensores quedaban emplazados correctamente, los paneles solares eran a su vez orientados en los ángulos correctos respecto a las radiaciones solares, de manera que funcionaran bajo condiciones óptimas.

Una vez conseguidos estos objetivos, los circuitos lógicos daban instrucciones a la nave para que dirigiera la antena de alta definición hacia la Tierra. Este proceso sólo requería que la nave girara sobre su eje longitudinal a medida que la antena se extendía en un ángulo predeterminado.

Tras haber procesado los datos de seguimiento, era posible descubrir cuánto se había desviado la trayectoria de la nave respecto al plan de vuelo previsto. Señales de guía eran entonces transmitidas desde la estación de seguimiento de Goldstone en California para poner a la nave en su ángulo correcto por medio de su pequeño motor de maniobra, que se encendía para determinar el rumbo adecuado. Una orden típica recibida por la nave podría ser: "Giro 28°, cabeceo 55°, aplique empuje durante 19 segundos". Una vez completada la maniobra, la nave había readquirido el Sol y la Tierra, de manera que la antena, los sensores y los paneles solares volvían a estar en las direcciones correctas.

Con el Ranger en curso de colisión en una predeterminada área lunar, quedaba por cumplir una maniobra vital. A las 66 horas de haber abandonado la Tierra, la nave debía girar 180° para colocarse popa a la Luna. Como los paneles solares no estaban en situación óptima para generar la suficiente energía, el equipo electrónico pasaba a alimentarse automáticamente de la batería de abordo.

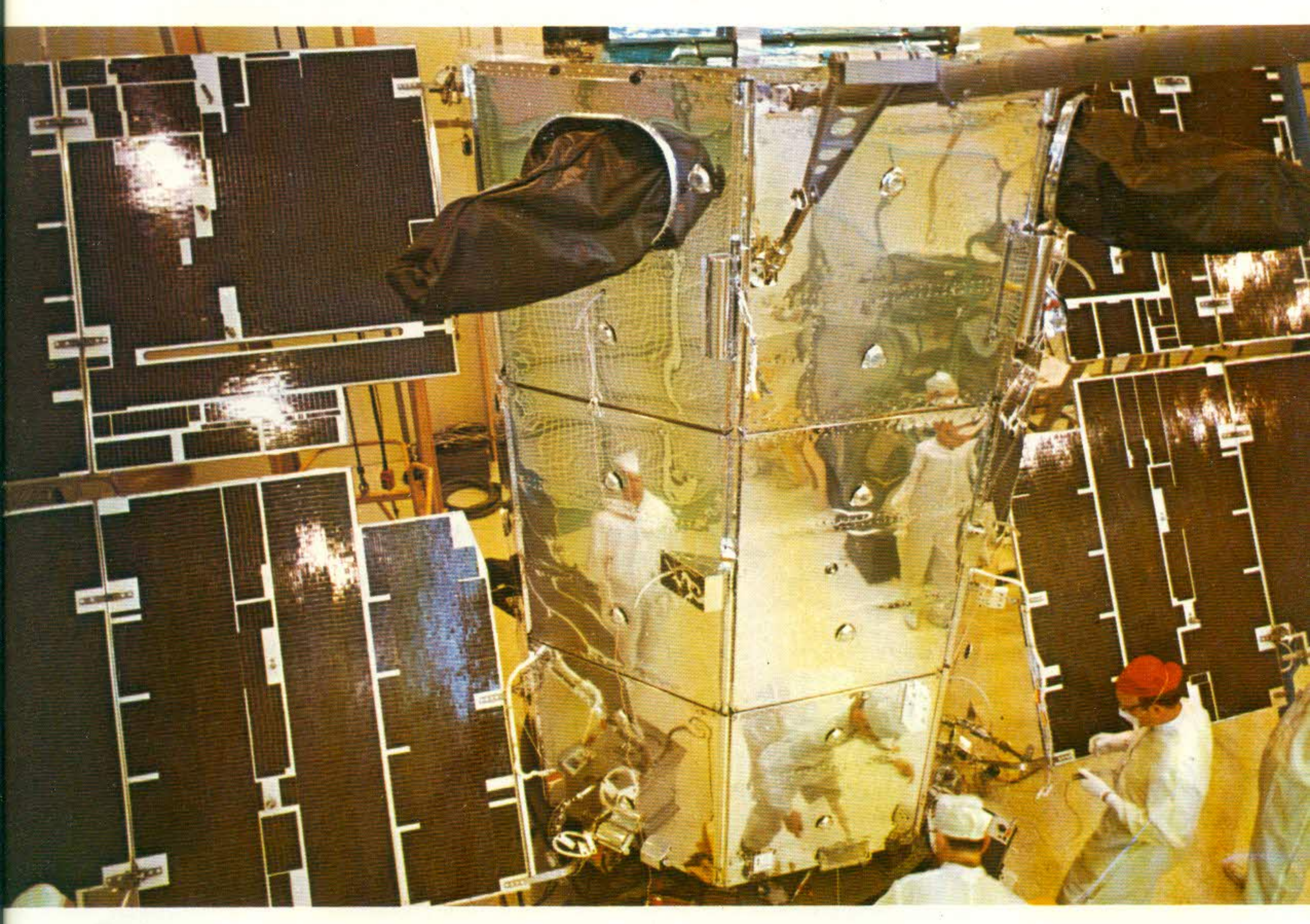
La maniobra terminal alineaba la pequeña cámara de TV de la nave con la Luna, de modo que las imágenes captadas en aproximación lunar pudiesen ser transmitidas a Pasadena vía la antena direccional que estaba permanentemente apuntando a la Tierra. Las primeras cámaras de televisión de los Ranger, equipadas con lentes de telefoto, estaban previstas para mostrar zonas de la Luna de 74 km^2.

La cámara, desarrollada por Radio Corporation de América, incorporaba un telescopio óptico diseñado por el laboratorio de Pasadena, que equivalía a una longitud focal de 100 cm. Estaba concebida para que tomara una serie de fotos de la Luna hasta el momento en que la nave se encontrase sólo a 24 km. del punto de impacto. Era imposible tomar fotografías más cercanas debido a que en ese momento la nave debía desarrollar otras acciones que sin duda perturbarían las precisas operaciones de la cámara. Estos movimientos incluían la separación de la cápsula de instrumentos por medio de un retrocohete de propelente sólido que entraba en funcionamiento en un momento predeterminado.

La secuencia de alunizaje comenzaba cuando el radioaltímetro generaba una señal que activaba la secuencia de separación de la cápsula a unos 21.000 metros sobre la Luna y 8 segundos antes de que el segundo vehículo impactara la superficie a una velocidad de 10.000 km/h. Esto comenzaba con la detonación de cuatro cargas que separaban el retrocohete y la cápsula de la nave principal. Tras un breve intervalo, un pequeño motor centrífugo de tres toberas, situado en la tobera del retrocohete, se encendía, haciendo girar al conjunto a 300 r.p.m. y sustentándolo a 76 cm. sobre la nave. Cuando el motor cohete se encendía, eyectaba el motor centrífugo y ralentizaba el descenso de la cápsula, de modo que, cuando ésta se encontraba a 335 m. sobre la superficie lunar, su velocidad de descenso era cero. La cápsula, protegida por su envuelta exterior de madera de balsa, al separarse del retrocohete, efectuaba una caída libre sobre la superficie lunar rebotando y rodando hasta detenerse. Su velocidad de impacto se estimaba en unos 180 km/h.

Esta cápsula de ingeniosos diseños, había sido desarrollada para el Laboratorio de Propulsión a Reacción por Ford Aeronutronic y tenía como cometido principal el estudio de las actividades sísmicas en la corteza lunar. Un contenedor interno esférico de 30 cm. de diámetro alojaba un sismómetro, un amplificador sismométrico, baterías químicas y un radiotransmisor de 50 mw. En el exterior había una envuelta protectora de madera de balsa segmentada, haciendo que el diámetro exterior pasara a ser de 63,5 cm. Dentro de la envuelta de balsa, la cápsula interna de instrumentos estaba en flotación libre en una cavidad esférica que contenía una delgada capa de aceite.

Sobre la cápsula había una simple antena que apuntaba hacia arriba, es decir, hacia la Tierra, una vez que la esfera descansaba sobre la superficie lunar. Estaba dispuesta de mane-



ra que el contenedor de libre flotación para los instrumentos resultase más pesado en su base y que posibilitara que el conjunto permaneciese erguido respecto a la baja gravedad del medio ambiente lunar. La envuelta de madera de balsa era, obviamente, transparente a las señales de radio del transmisor interno.

Pero esto no era todo. Una vez que la cápsula estaba situada a la altitud operativa, el aceite era purgado fuera de su contenedor metálico, de manera que pudiese hacer las funciones de aislador de las ondas de choque que tenía que detectar el sismógrafo.

Más aún, el funcionamiento continuado del instrumental generaba temperaturas que quedaban comprendidas entre los 83° y los menos 160° centígrados. Los científicos solventaron este problema con la instalación de un kilo y medio de agua en el interior de la cápsula. El agua se calentaba debido a la energía eléctrica del equipamento interno hasta que alcanzaba el punto de ebullición (30° en condiciones lunares). Como resultaba imposible el recalentamiento del agua por encima del punto de ebullición, ésta servía para estabilizar el límite superior de la escala térmica. La temperatura bajaba durante la noche lunar, pero nunca se alcanzaba el punto de congelación debido a la disipación calórica dentro de la cápsula. Era posible calcular la temperatura dentro la esfera mediante un oscilador de control voltaico, que estaba calibrado de acuerdo a su sensitividad térmica.

A pesar del avance de todos estos sistemas robotizados, los científicos estadounidenses se vieron abocados al fracaso cuando se intentó evaluarlos en la realidad. El Ranger 3, lanzado desde Cabo Cañaveral el 26 de junio de 1962, fue perfectamente despedido desde la órbita estacionaria por la etapa Agena 3 pero, desgraciadamente, la velocidad de escape resultó demasiado elevada. Aparentemente, se debía a una malfunción de los componentes del sistema de guía transistorizado, que había sido especialmente incorporado a la misión Ranger. Los datos iniciales de seguimiento indicaban que la sonda se distanciaría de la Luna en unos 45.000 km. En un intento de salvar lo que se pudiera de la misión, los controladores de Pasadena ordenaron a la sonda que encendiera su motor de maniobra, a fin de que se acercase lo más posible a la Luna y que, por lo menos, pudiese tomar fotografías.

Posteriormente, cuando la sonda se encontraba a 49.000 km. de la Luna, se le ordenó que iniciara la secuencia final de maniobra, de manera que tanto la base hexagonal como la cámara de televisión del Ranger quedaran

El Explorer XXXVIII, destinado a las investigaciones radioastronómicas gracias a sus cuatro antenas de 40 m. de longitud.

orientadas hacia la Luna.

Las señales telemétricas del Ranger 3 indicaban que todas las operaciones se producían sin novedad. Todas, menos una. La protección de las lentes de la cámara se deslizó lateralmente y comenzó la transmisión de imágenes. Pero, por algún motivo, la antena direccional de alta definición no consiguió alinearse con la Tierra. Las señales recibidas en Pasadena estaban bastante lejos de ser imágenes coherentes, debido a las interferencias de radio.

El Ranger 3 pasó cerca de la Luna el 28 de junio, a una distancia de 36.000 km., terminando por convertirse en un satélite artificial del Sol. Durante unos pocos días se siguieron recibiendo señales de la baliza transmisora de la cápsula.

Sondas soviéticas.

Como la continuación de la historia de las sondas lunares norteamericanas desemboca inevitablemente en los alunizajes tripulados, vamos a dar un gran salto en el presente relato para pasar a considerar los progresos que en ese campo estaban dando los soviéticos.

La exploración lunar llevada a cabo por la Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas comenzó con el lanzamiento de sondas no tripuladas. Una vez más un ICBM, pero soviético, hizo posible este progreso.

En su aplicación espacial original, este gran cohete, que había lanzado los tres primeros Sputnik, consistía en un núcleo central (llamado Sapwood por la OTAN) y cuatro aceleradores. Una vez que se desprendían los aceleradores, el núcleo central continuaba en propulsión en la órbita consiguiendo una velocidad máxima de 28.000 km/h.

Para alcanzar la Luna, necesitaba una mejora en las prestaciones. Los ingenieros soviéticos modificaron el núcleo central y montaron una segunda etapa cohete en una estructura tubular que hacía posible que la sonda espacial consiguiera una velocidad de escape de 40.000 km/h.

La primera carga útil en ser lanzada, Lunik o Luna I (también denominada "Mechta") despegó del cosmódromo de Baikonur el 2 de enero de 1959. Una vez que la primera etapa entró en una trayectoria trans-lunar, se le separó un contenedor esférico de instrumentos. Los dos vehículos pasaron a casi 6.000 km. de la Luna y continuaron en una órbita alrededor del Sol.

Es probable que los soviéticos intentaran alcanzar la Luna. Sin embargo, esta sonda de 361 kg. llevaba instrumentos para medir los campos magnéticos, las radiaciones cósmicas y solares, los micrometeoritos y la composición de los gases. La propia etapa final incorporaba un contador de rayos cósmicos además de los transmisores de exploración y telemétricos. A 122.600 km. de la Tierra, el cohete expulsó una nube de vapor de sodio que permitió a los observadores terrestres no sólo constatar la posición del vehículo sino también permitir el estudio de los gases interplanetarios.

Si la misión Lunik 1 significó un semi-fallo, la Lunik 2, lanzada el 12 de septiembre de 1959, estuvo a punto de convertirse en un blanco perfecto. La esfera de 390 kg., llevando experimentos similares a la anterior, impactó en la Luna entre los cráteres Arquímedes, Aristilo y Autolyco. Antes del impacto, los instrumentos no consiguieron detectar el campo magnético o los anillos de radiaciones asociados a la Luna. La etapa final, que se estrelló en la misma zona, había lanzado el gas de sodio en el momento en que dejaba la Tierra.

Poco menos de un mes después, el 4 de octubre (segundo aniversario del lanzamiento del primer Sputnik), tuvo lugar el gran éxito fotográfico del Lunik 3. Tras dejar la Tierra en una precisa trayectoria controlada en velocidad y dirección, el vehículo pasó alrededor de la Luna y emprendió un regreso a la Tierra sin corrección de medio recorrido. En efecto, la senda de vuelo consistía en una prolongada órbita terrestre simplemente perturbada por el campo gravitatorio lunar.

La precisión necesaria fue conseguida guiando el conjunto por radio durante la totalidad del período de encendido de sus cohetes. Una vez que el Lunik 3 se separara de la etapa final, la sonda fue seguida por sus señales de radio. Las estaciones de seguimiento comprobaron que la sonda estaba pasando a 7.800 km. sobre la Luna. Cuando la sonda se encontró en línea directa entre el Sol y la Luna, empezó a tomar una buena serie de fotografías de la cara lunar oculta, estando la sonda orientada siempre hacia la Luna gracias a un sistema de reactores a gas.

Antes de alcanzar este estadio, el Lunik 3 había sido giro-estabilizado. La rotación se detuvo por medio de una orden enviada desde la Tierra, siendo posible esta interrupción gracias a sus cohetes. Así, un extremo de la sonda apuntaba hacia el Sol, mientras que el otro extremo, que era el que contenía la cámara, apuntaba hacia el satélite. Una célula fotoeléctrica estaba encarada al Sol mientras que los reactores de la sonda la mantenían en la posición precisa, al tiempo que otra célula miraba hacia la cara iluminada del satélite.

En este punto y mientras la nave permanecía mirando a la Luna por un período de 40 minutos, una cámara con película de 35 mm. tomaba una serie de fotografías, variando automáticamente la exposición. La cámara constaba de dos lentes con longitud focal de 200 y 500 mm. respectivamente, con las que fotografió el 70 % de la cara oculta de la Luna. Las primeras lentes producían una fotografía en las que la totalidad del disco lunar llenaba el fotograma.

Una vez que la sesión fotográfica llegó a su fin, la sonda volvió a la giroestabilización y, a una orden dada desde la Tierra, comenzó a procesar automáticamente las fotografías y a transmitirlas por un sistema de televisión.

Es posible que los soviéticos, en un principio, empezaran analizando nueve de las fotografías emitidas, reservando sólo tres de ellas para la divulgación al gran público. El famoso disco de la cara oculta lunar, ampliamente re-

producido en la literatura astronómica, es de hecho la composición llevada a cabo con varios fotogramas de los que tomó el Lunik 3.

A pesar de que esas fotos no eran de la calidad como las que posteriormente obtuvieron el Orbiter, el Apollo o la nave soviética Zond, fueron suficientes como para permitir que los soviéticos se lanzaran a futuras misiones. En particular, la sonda reveló la existencia de dos grandes y oscuras regiones. Una, de 298 km. de longitud, fue denominada Mare Moscovrae (Mar de Moscú) mientras que la otra se llamó Mare Desiderii (Mar de los sueños).

La calidad de las fotografías se vio mermada por las dificultades obvias de iluminación (total iluminación solar) y también se vio perjudicada por lo rudimentario del sistema de televisión. Una segunda visualización de las fotografías fue prevista para cuando la sonda pasase cerca de la Tierra, pero tal propósito se fue al traste debido a una malfunción de la nave. El Lunik 3 continuó desplazándose alrededor de la Tierra hasta el 20 de abril de 1960, en que entró en la atmósfera y se incendió.

Tras el triunfo de los tres primeros Lunik, los ingenieros soviéticos empezaron a trabajar en el envío de sondas a Marte y Venus, y en la colocación del primer hombre en el espacio utilizando una modificación de la misma etapa aceleradora. El siguiente vehículo soviético en acercarse a la Luna fue el Luna 4, lanzado el 2 de abril de 1963, y que erró su objetivo por un margen de 9.000 km., tras un vuelo de tres días y medio. El contacto con esa sonda de 1.422 kg. se perdió en el momento en que pasaba por la Luna, el 6 de abril, y de acuerdo con la información que se pudo constatar, entró en una órbita baricéntrica de entre 90.000 y 692.000 km. El objetivo perseguido por esta misión, nunca fue dado a conocer.

Si hacemos caso a las informaciones estadounidenses, seguidamente se produjeron dos misiones fallidas, en enero y febrero de 1963. La primera órbita estacionaria alcanzada se fue al traste al ser eyectada a una trayectoria lunar. Así el vehículo se separó en tres componentes, de los que el mayor permaneció en órbita. El segundo intento terminó con su caída al Pacífico, cerca de la isla de Midway.

Tuvieron que pasar más de dos años hasta que otra sonda soviética, el Luna 5, alcanzara el satélite. Hoy en día se sabe que este fue el primer intento por depositar una carga útil en la superficie lunar. Esta nave de 500 kg., lanzada el 9 de mayo de 1965, contenía un sistema de retrocohete y un contenedor de instrumentos. Tras una corrección a medio recorrido, impactó en la Luna en la región del Mar de las Nubes, el 12 de mayo. El retrocohete había fallado en su misión específica y la nave resultó destruida. El observatorio alemán de Rodeswich afirmó haber detectado una nube de polvo lunar de 225 km. de longitud por 80 km. de anchura, y que permaneció visible por espacio de diez minutos.

El Luna 7, lanzado el 4 de octubre de 1965, tuvo mejor viaje. Esta nave de 1.500 kg., bastante más pesada que sus predecesoras, fue brillantemente corregida en trayectoria el 5 de octubre, empleando el Sol y la Luna como referencias de navegación; el motor cohete funcionó en el tiempo precomputerizado y todos los sistemas trabajaban según lo establecido. Todas las funciones subsiguientes a la corrección fueron controladas por un computador de abordo y la nave fue estabilizada en situación por unos reactores de ajuste rápido. Una vez que el vehículo se encontraba cerca de la superficie lunar (esto es, el 7 de octubre) el sistema de retrocohete ralentizó la nave a fin de que lanzara la cápsula instrumental. Seis minutos después, cesó la transmisión. Aparentemente, el retrocohete se encendió demasiado pronto. El vehículo resultó destruido al caer al Océano de las Tormentas, al oeste del cráter Kepler, tras un vuelo de 86 horas.

Una innovación en esta misión fue el empleo de un telescopio de 2,6 m. por el Observatorio Astrofísico de Crimea, para obtener fotografías de múltiple exposición, a fin de seguir la trayectoria del Luna 7 desde su partida de la Tierra.

Un poco más pesado, el Luna 8 partió el 3 de diciembre de 1965. Cuando esta nave de 1.552 kg. se estaba acercando a la Luna, el retrocohete se encendió unas fracciones de segundo demasiado tarde. El vehículo cayó en el Océano de las Tormentas, al sureste del cráter Galilei, tras un vuelo de 83 horas.

El Luna 9

Esta nave de 3.400 kg. fue lanzada el 31 de enero de 1966, y parecía comprender dos secciones principales: la nave en sí, conteniendo un motor y el equipo de servicio y una cápsula de instrumentos en forma de huevo, que fue eyectada del extremo superior de la nave tras el frenado del cohete, acabando por rodar por la superficie del satélite. El alunizaje, el primero llevado a cabo por un objeto producido por el hombre, sucedió el 3 de febrero de 1966 en el Océano de las Tormentas, al oeste de los cráteres Reiner y Marius.

La estación en sí tenía un peso en la Tierra de 100 kg. Tras haber rodado y rebotado sobre la superficie del satélite, tendió a asumir una posición vertical, de un modo muy parecido a como lo haría un tentetieso. A continuación se extendieron cuatro paneles parecidos a pétalos para hacer que la nave se mantuviese en una postura estable. Cuatro minutos después, se desplegaron cuatro antenas de 75 cm. En el compartimento presurizado había el equipo de radio, un programador, un sistema de control térmico y baterías químicas. Estos eran los instrumentos necesarios para registrar las radiaciones del suelo lunar. Una pequeña cámara de televisión que sobresalía por el extremo superior, y que podía moverse en 360°, era encargada de transmitir las imágenes a la Tierra. Capaz de una profundidad de campo desde los 2 metros hasta el infinito, pesaba alrededor del kilo y medio.

Las fotografías, tomadas desde una altura de 60 cm., dominaban un área comparativa-

mente despejada cercana al ecuador lunar y al este del Océano de las Tormentas. El horizonte lunar aparecía 1,5 km. más allá, y la capacidad de resolución de la cámara en objetos en primer plano venía a ser del orden de 1 o 2 mm.

En las cercanías de la cápsula, la superficie era irregular, con numerosas depresiones y montículos. Dispersos en varios lugares alrededor de la cápsula se apreciaban diversas protuberancias rocosas. A pocos metros de la estación habían grandes rocas de 10 y 20 cm. y pequeñas depresiones de 2 a 3 metros de diámetro. Se llegó a la conclusión de que la estación se hallaba asentada en la escotadura de un cráter poco profundo de unos 24 metros de diámetro. De los experimentos de radiación se desprendió que la dosificación de la Luna era de unos 30 milirad (unidad igual a un milésimo de rad; unidad de dosis absorbida correspondiente a la absorción de 100 ergios por gramo de materia irradiada) por día, lo que se debía a las reacciones nucleares en la superficie lunar, inducidas por los rayos cósmicos.

Visibles en primer plano se encontraban varios componentes de la estación, incluidas las antenas transmisoras y receptoras y los espejos encargados de reflejar la superficie. También podía verse parte de la nave, desprendida durante el alunizaje.

El profesor Lebedinsky explicaría más tarde que la cápsula se había desplazado ligeramente entre la segunda y la tercera transmisión del programa lunar, lo que tuvo como resultado inmediato la alteración de la situación de la cámara. Su inclinación había cambiado desde los 16,5° a 22,5 °. Este "inconveniente" ofreció la posibilidad de utilizar un efecto estereoscópico para determinar la distancia a los objetos y entre ellos.

El Luna 9 siguió enviando sus fotografías en una frecuencia de 183.538 MHz. Las últimas comunicaciones tuvieron lugar a las 20 horas del 4 de febrero.

Pruebas en laboratorio de un satélite Intelsat IV-F-5 destinado a las comunicaciones comerciales.



EXPLORACION ESPACIAL Y COHETES

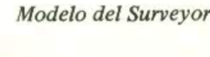
Las sondas robot de exploración Lunar: Ojos en el Espacio

Preludio al alunizaje tripulado: Surveyor

La epopeya de las sondas estadounidenses Surveyor significó la auténtica antesala de los alunizajes tripulados (que veremos más adelante), sirviendo de bancos de pruebas en los que se constatarían las características y los inconvenientes de los alunizajes "humanizados".

El siguiente paso, después de los Ranger, dado en el campo de las sondas lunares tuvo lugar cuando el equipo del laboratorio de Pasadena recibió de Hughes Aircraft Company lo que más tarde sería conocido como sondas Surveyor. Estos eran algo más sofisticados que las anteriores sondas soviéticas (Luna 9) y en ciertos aspectos, resultaban bastante parecidos al módulo lunar Apollo, aunque, eso sí, mucho más pequeños (3,05 metros de altura). Estos vehículos de tres patas tenían un peso al lanzamiento de 997 kg.

Su estructura básica consistía en un triángulo de aluminio que incorporaba los sistemas de propulsión, dos compartimentos de control térmico, radares de descenso, dos antenas cónicas omnidireccionales, tren de alunizaje en trípode, antena de alta definición y un solo panel solar. La estructura básica pesaba menos de 27 kg. Las patas de alunizaje estaban articuladas en cada vértice del triángulo y tenían unas superficies de contacto construidas en es-



Modelo del Surveyor

tructura de "panal". El sistema de amortiguación era parecido al de un avión convencional, incorporando vástagos telescópicos.

Los controles de velocidad y posición de la nave estaban compuestos de un sensor automático de adquisición solar, sensores Sun y Canopus, unidad de referencia inercial, radar de indicación de altura, altímetro radar y sensores Doppler de velocidad, electrónica de control de vuelo y tres pares de reactores de nitrógeno.

El sistema de propulsión incorporaba un retro-cohete de propelente sólido de 4.500 kg. de empuje y tres motores de ajuste fino y empuje variable.

La fase de alunizaje estaba prevista del siguiente modo: se pretendía que el alunizaje se efectuase en trayectoria lunar directa (es decir, sin que la nave entrase en órbita lunar) con el vehículo apuntando su retro-cohete contra la dirección del vuelo, con las patas abiertas, y el radar altimétrico enviando sus señales contra la superficie para dar las precisas acotaciones. Una vez que el retro-cohete principal se encendiese para frenar la velocidad de aproximación a la superficie, era desprendido y el descenso final era llevado a cabo por los tres motores de ajuste fino.

El combustible para los tres motores de ajuste fino era monoethilhidrazina monohidrato, y el oxidante era tetroxido de nitrógeno con un 10 % de óxido nítrico. Los dos fluidos se encendían por contacto.

El Surveyor I, básicamente los instrumentos de evaluación más equipo de televisión, inició el programa con muy buen pie. A él se le atribuye el primer alunizaje controlado, conseguido el 1 de junio de 1966, tras un vuelo de 63 horas, 36 minutos desde que despegara de Cabo Kennedy. La nave aterrizó a una velocidad de 12 km/h. en la región suroeste del Océano de las Tormentas, a 2° 27' del ecuador lunar y a una longitud oeste de 43° 13'.

Durante las seis semanas siguientes, la cámara tomó 11.150 fotografías de alta resolución de la superficie lunar, transmitiéndolas a la Tierra. Gracias a estas fotos, los científicos fueron capaces de determinar el color representativo de la superficie del satélite, obteniéndose una detallada impresión del relieve circundante del Surveyor en un radio de 1,5 km.

Resultó también posible el estudio del efecto del aterrizaje de la nave sobre la superficie, e incluso la evidencia gráfica de los posibles daños sufridos por la nave en sí. Por ejemplo, una sección del espejo radiador situado sobre uno de los contenedores de equipo electrónico, apareció dañada en una fotografía recibida un par de días después.

Dada la situación de la cápsula, fue posible utilizarla como observatorio lunar de control remoto para tomar fotografías de la corona solar, del planeta Júpiter y de las estrellas Sirius y Canopus.

Las fotografías recibidas mostraron como el Surveyor se había asentado en un despejado cráter muerto. El lugar estaba rodeado por una superficie plagada por fragmentos de rocas. En el horizonte podían verse las crestas de pequeñas montañas.

La nave sobrevivió a las tórridas temperaturas del día lunar (250° Farenheith) y a las glaciales noches (−260°). Continuó aceptando órdenes desde la Tierra y transmitiendo imágenes de televisión durante un total de 612 horas. Después de este período de vida plenamente operacional, las comunicaciones sólo fueron reestablecidas a intervalos durante enero de 1967, aunque desde julio de 1966 ya no se recibían imágenes de televisión.

La siguiente nave americana en acercarse a la Luna no fue otro Surveyor, sino un ingenio construido por Boeing, cuya misión básica consistía en tomar fotografías cercanas de la superficie lunar para auxiliar a los científicos de la NASA en el dilema de elegir los mejores puntos de alunizaje para los astronautas del futuro programa Apollo. Una vez que se acabase la película, enviaría información a la Tierra sobre los micrometeoritos, las radiaciones, y los campos gravitatorios en el medio ambiente lunar.

Este programa tuvo su inicio cuando la primera de las naves Boeing, denominada Lunar Orbiter I, fue inyectada en la trayectoria deseada el 10 de agosto de 1966. El vehículo lanzador había sido un Atlas-Agena D.

Los científicos del Laboratorio de Propulsión a Reacción empezaron a recibir fotografías de alta calidad. Las estimaciones finales indicaron que la nave había fotografiado alrededor de 5,18 millones de km^2 de la superficie selenita. De particular importancia resultaron los 41.000 km^2 que posteriormente serían elegidos como posibles zonas de alunizaje de las naves del programa Apollo.

Otro de los beneficios a priori obtenidos por los Apollo fue que este ingenio robot dio experiencias operativas a las estaciones terrestres en el seguimiento de un vehículo en órbita lunar, y en la recepción de sus datos. Ligeras perturbaciones en su órbita permitieron comprender los primeros detalles precisos sobre el campo gravitatorio lunar.

El vehículo respondió perfectamente a las órdenes dadas desde la Tierra. El 21 de agosto, el periluno (punto más cercano) de la órbita fue reducido en 56 km., y cuatro días más tarde en 40 km. más. El 29 de octubre, tras haber realizado 527 revoluciones en 77 días, el Lunar Orbiter I se estrelló deliberadamente contra la Luna, a instancias de una orden de los controladores. Así se eliminaba la posibilidad de que el vehículo interfiriera las subsiguientes misiones lunares.

Continuaron los lanzamientos de Orbiter y Surveyor, mientras que por su parte los soviéticos proseguían con sus investigaciones con los Luna. Pero los pasos fundamentales ya estaban dados. El pasillo estaba abierto. Ahora sólo faltaba que el propio ser humano fuese quien culminara la historia.

Construir en el Espacio

El ser humano ha sido, desde sus orígenes, un gran constructor, arquitecto de sus primeros refugios y obrero de las obras más gigantescas. Ahora, en el umbral del nuevo siglo se abren ya nuevas fronteras para los grandes constructores del planeta, y las asombrosas conquistas arquitectónicas de la antigüedad, desde las Pirámides egípcias o el Machu-Picchu hasta las grandes edificaciones de nuestros días van a sufrir el eclipse y el reto del nuevo rumbo que la NASA ha señalado para el constructor del futuro: construir en el espacio.

La urbanización del espacio

En pocos años la utilización del espacio próximo a nuestro planeta ha sufrido la invasión de satélites, naves variopintas y experimentos de toda naturaleza. En la actualidad se están preparando diversos proyectos —norteamericanos, soviéticos y europeos— que confluyen en la idea de aprovechar el espacio inmediato de forma permanente.

En breve tiempo las películas fantásticas dejarán paso a realidades tangibles e ideas como las de alimentarnos de energía desde el espacio serán, podrán ser puestas en práctica.

Obreros-astronautas ensamblarán o fabricarán bases espaciales y complejas unidades operativas. En pocos años, cuando el más común de los mortales fije su mirada en las estrellas del firmamento podrá saber que en algún punto luminoso unas decenas de parientes de su propia especie están construyendo en el espacio.

Uno de los proyectos más ambiciosos es el de la construcción de estaciones de energía solar. Cada una de ellas tendrá unas dimensiones equivalentes a la ciudad de Manhatta, (19,20 km. de longitud y 5 km. de anchura) y emitirán energía a la Tierra girando al compás del reloj, y sirviendo a las necesidades de varias zonas del planeta.

Pero la pregunta que se formulan todos es ¿quién necesita de estas increíbles estructuras y quién va a sufragar las inversiones de estas construcciones cósmicas?

Un satélite solar puede costar entre dos y veinte billones de dólares y los Estados Unidos, por ejemplo, necesitarían cien estaciones para suministrar el 30 por ciento de sus necesidades de suministro eléctrico. Pero la propuestas de la construcción de las centrales solares del espacio aún permanece en el territorio de las expectativas a más largo plazo, mientras que la construcción de antenas de comunicación en el espacio se encuentra entre los proyectos de próxima realización.

El "Space Shuttle" ha reducido los costes de envío de los satélites de comunicación a más de la mitad. El "Carguero del espacio" como también se le conoce ya al Space Shuttle, está dotado de un brazo mecánico que le permite situar los satélites en el espacio y posteriormente recuperarlos para efectuar su limpieza y reparación, en caso necesario.

Pero las necesidades en el mundo de la comunicación moderna van en constante aumento, y a corto plazo también serán insuficientes los satélites de mediana envergadura que se utilizan en la actualidad, por lo que se está preparando ya la construcción de antenas en el propio espacio.

Cielo de antenas

Las antenas más útiles en el espacio son aquellas que se encuentran en órbitas geosincrónicas. Esta órbita, a 36.000 km. de altura las mantiene sobre un punto determinado de la Tierra, siempre en una excelente posición para recibir y transmitir señales.

Muchos de los satélites que serán transportados por el Space Shuttle y colocados en una órbita cercana a la Tierra estarán equipados con cohetes para poder llevarlos luego a sus nuevas estaciones. Pero la primera gran obra construida en el espacio no será simplemente una acumulación de antenas gigantescas; se edificará un complejo sistema de estructuras, incluyendo estaciones orbitales, en lo que los modernos constructores han llegado a denominar la "Granja de antenas".

Un esqueleto de metal —de 30 metros de longitud— podrá albergar a 30 antenas de grandes dimensiones. Una vez concluido el montaje en el espacio, la plataforma se situará en órbita geosincrónica.

Este gran "cultivo de antenas" podrá satisfacer muchas de las necesidades de comunicación en nuestro planeta, potenciando el correo electrónico, transmitiendo sus señales a más de 45.000 canales de televisión, incrementando el número de servicios telefónicos internacionales y proporcionando los enlaces para los teléfonos de bolsillo, entre otras posibilidades inmediatas.

La primera "piedra"

La construcción en el espacio se iniciará con el montaje y edificación de las estaciones de antenas a mediados de la presente década.

Para la construcción espacial se requerirán equipos especiales que se complementarán con las herramientas más convencionales, al alcance de cualquier buen aficionado al bricolaje, o al aparejador más refinado. En el eje del escenario espacial estará el obrero-astronauta, o "astroworker", que actualmente se prepara entrenándose en tanques de inmersión en el centro de la NASA, en Alabama. Bajo el agua los trabajadores del espacio experimentan las técnicas de ensamblaje en una situación de "ingravidez" parecida a la que se habrán de someter en el espacio.

Los especialistas de esta nueva era de la construcción estiman que la labor en la micro-

gravedad será menos agotadora que en los tanques de agua, en donde, a pesar del cansancio se han podido contruir estructuras de hasta nueve toneladas.

En el espacio las estructuras no tendrán que soportar las tensiones que tienen que resistir en la Tierra. En pleno espacio no habrá que preocuparse por los vientos, la nieve, ni la corrosión, pero sin duda alguna, habrán otros peligros.

Las mayores tensiones que tendrán que soportar estas estructuras metálicas vendrán condicionadas por el empuje de los cohetes que se utilizarán para moverlas hacia órbitas geosincrónicas.

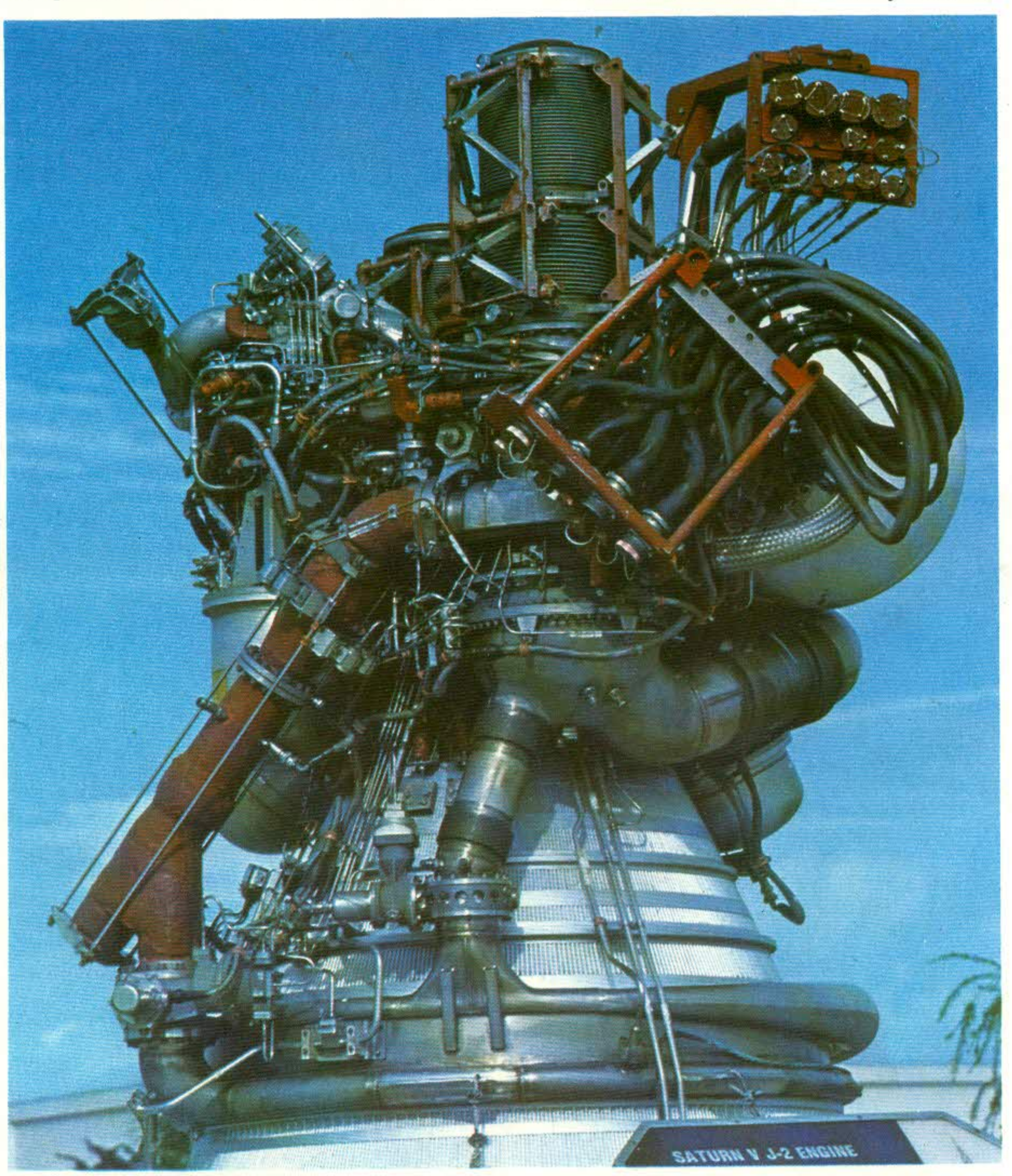
Una vez que se encuentren a 36.000 km. de distancia y detrás de la sombra de la tierra, las armazones espaciales estarán bañadas por una iluminación contínua, excepto durante unos pocos minutos de eclipse, durante los días de primavera y en el equinoccio de otoño.

El cambio de temperaturas durante un eclipse provocará una situación delicada para las estructuras, sometiéndolas a una temperatura de más de 700 ° F, y aunque se espera que los bordes metálicos sufran una agresión mayor no se pondrá en peligro la estructura del edificio espacial.

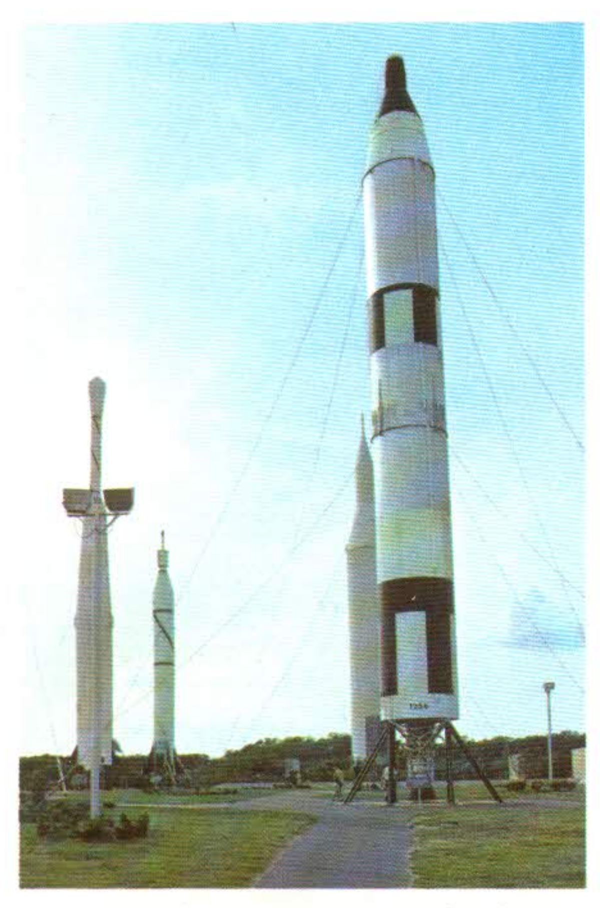
Los trabajadores del espacio controlarán una cadena de robots dispuesta a modo de cadena de montaje; un número más limitado de personas trabajará directamente en el espacio, ajustando y manipulando directamente las piezas siderales.

Las normas de protección e higiene tendrán un lugar prioritario. Cualquier escombro será "capturado" por mecanismos estudiados para proteger a los astronautas y evitar una "inundación" de desechos espaciales.

Se establecerán turnos de trabajo adecua-



Modelo de uno de los motores de un Saturno V.



dos para que los astronautas no sufran las consecuencias de las radiaciones solares. Además se establecerán módulos de transporte y de asistencia operacional.

Un rayo de sol

Si las primeras construcciones espaciales contribuirán a la expansión acelerada de los medios de comunicación, los proyectos más ambiciosos permitirán transmitir artificialmente luz y energía a la Tierra.

Un proyecto de la compañía norteamericana Rockwell que recibe el nombre de "Lunetta" establece la construcción en el espacio de un espejo de treinta metros de diámetro para reflejar una luz equivalente al de trescientas lunas terrestres.

Con la asombrosa potencia de esta luz dirigida hacia nuestro planeta se podrán iluminar centros urbanos y se podrá dirigir luz natural a zonas del mundo que viven la mayor parte del año en la penumbra, así como se podrán realizar investigaciones en áreas en las que la escasez de iluminación impide cualquier tipo de investigación aérea efectiva.

Para cuando se construyan los llamados "Satélites de Poder Solar" el hombre habrá llegado a la cota más elevada de esta nueva era. Acumulando y transmitiendo energía sin cesar, las células solares construidas en la inmensidad espacial alimentarán, con 10 megavatios de electricidad, a una antena espacial, donde esta energía será transformada en microondas que serán enviadas a la Tierra. Una antena de recepción, instalada en la Tierra, convertirá la señal en electricidad y la transmitirá a una parrilla de energía, para remitirla luego a una central y posteriormente al usuario.

Al margen de las elevadas inversiones que requerirá esta magna construcción —que se justifican con rentabilidades elevadas, según opinan los defensores del proyecto— las preguntas que se formulan los expertos muestran las preocupaciones sobre los posibles efectos de los rayos transmitidos desde el espacio, gracias al ingenio humano.

Aunque estos rayos y ondas serán sólo de una intensidad equivalente a la cuarta parte de intensidad de los rayos solares, las radiaciones de las microondas pueden llegar a ser altamente penetrantes, incluso a baja intensidad, tanto en seres humanos como en los animales y los seres vivos, en general.

Estas preocupaciones y otras preguntas que se formulan científicos de todo el mundo —sobre posibles alteraciones en el sistema ecológico, la transformación de la vida en la tierra— han motivado la necesidad de realizar muchos experimentos sobre estos posibles efectos, antes de dar vía libre al proyecto y así poder tener todas las garantías posibles para que este anunciado hito trascendental en la historia de la humanidad no signifique un ingrediente más para su propia destrucción.

Las perspectivas del desarrollo de la construcción en el espacio, así como de la industria en el cosmos son cada vez más positivas. En tan sólo tres décadas el avance aeroespacial ha arrinconado muchas narraciones nacidas de la imaginación más fecunda.

Como siempre, dependerá de la voluntad de los hombres, de quienes tengan las posibilidades de construir en el espacio, el que los beneficios puedan ser colectivos y no se inaugure una etapa de "urbanizaciones espaciales" en la que la mayoría de los seres humanos carezcan de una parcela productiva.

Para las generaciones de nuestros días y para las que anuncian su inminente llegada, el futuro no es un calendario aplazado, sino el pulso de nuestro presente.

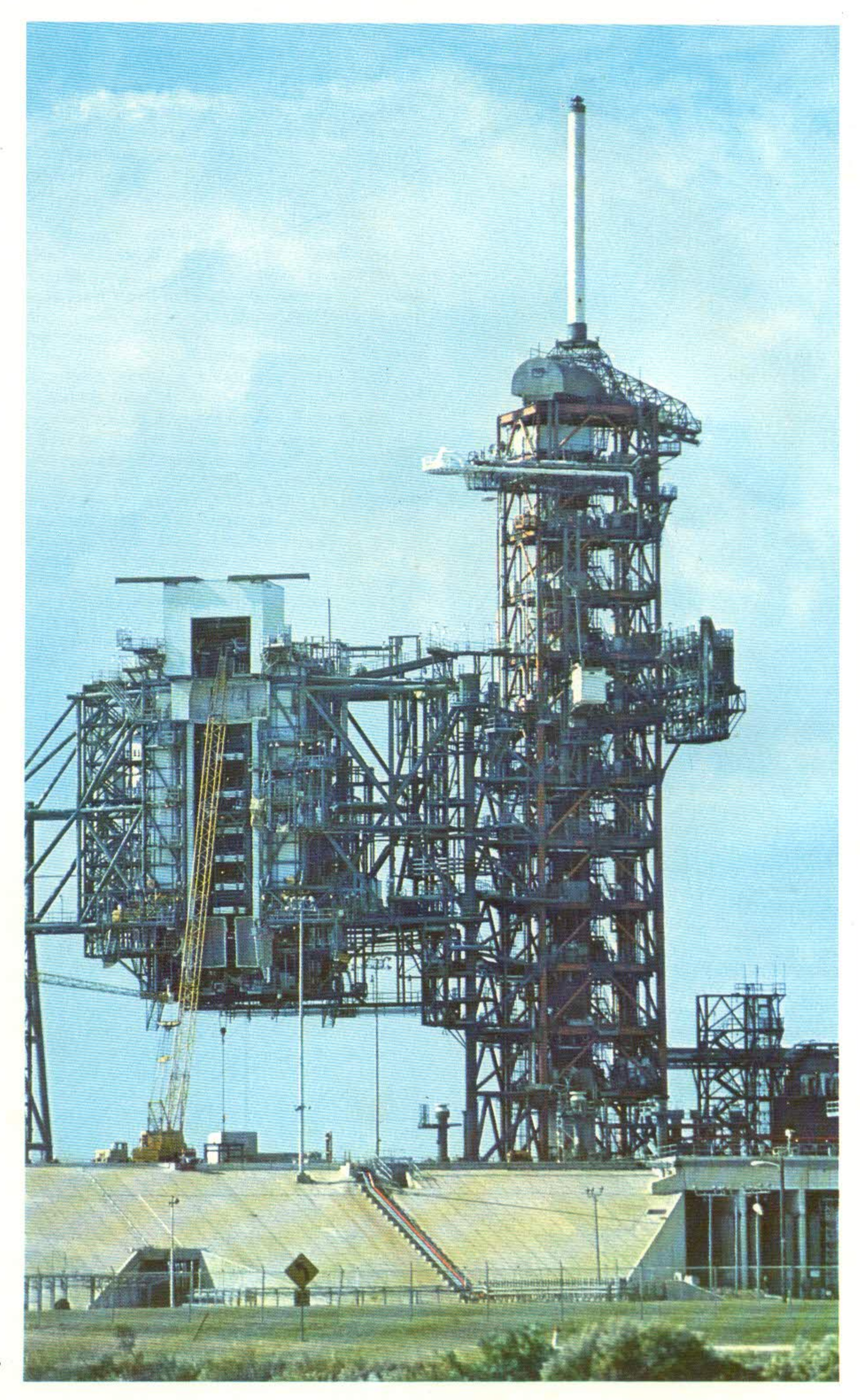
La industria en el espacio

Cuando faltan apenas dos décadas para llegar al siglo XXI se anuncia ya una nueva era de bonanza industrial, pero no precisamente en la Tierra, sino en el espacio próximo a nuestro planeta, a 400 kilómetros de altura, y en una extensión de casi 45.000 kilómetros, donde un satélite puede ser situado en una órbita estacionaria.

Bases espaciales, estaciones eléctricas siderales, complejos industriales y sistemas extraídos de la imaginación más fértil podrán ser pronto una tangible realidad.

Operando en un ambiente puro y virtualmente libre de gravedad las fábricas del espacio producirán a bajos costos nuevos materiales, que se convertirán en millones de dólares una vez trasladados a la Tierra.

Cuando la NASA dio a conocer sus primeros proyectos para el desarrollo de la industria



Plataforma de lanzamiento en Cabo Kennedy.

en el espacio las grandes compañías se expresaron con cautela, con una mezcla de escepticismo e ilusión. Sin embargo, la mayor parte de las grandes empresas de la industria aeronáutica mundial se sumaron a la órbita de las posibilidades que ofrece este nuevo reto y las experiencias del Space Shuttle.

Colonizar el espacio

A pesar de las elevadas inversiones iniciales ya se han dado los primeros pasos. Compañías como la Rockwell International, Boeing, Mac Donnell Douglas, General Electric, Erno, Fokker y la Agencia Espacial Europea, a la que pertenece España, participan actualmente en los primeros programas de las colonias industriales en el espacio.

Un simple experimento actual en el Space Shuttle puede llegar a costar cientos de miles de dólares; una pequeña planta automatizada de producción, estudiada para ser puesta en órbita y controlada por un servicio de mantenimiento a cargo de una tripulación del Shuttle puede costar millones de dólares. Sin embargo, tanto las industrias estatales como las privadas intervienen ya en una amplia gama de experimentos que conducirán al establecimiento de la industria sideral.

A título de ejemplo se puede mencionar el interés de los investigadores militares y de un amplio número de científicos (apoyados por sus Gobiernos) en la fabricación de una lente perfecta para un satélite espía, o la manufacturación de perfectas esferas de isótopos de hidrógeno para su uso en investigaciones con rayos láser.

Los antecedentes inmediatos de las aplicaciones industriales, que ya se han comenzado a realizar en el Space Shuttle, se encuentran en algunas experiencias previas efectuadas en los vuelos del Apolo-Soyuz.

Estas pruebas han señalado y confirmado que "suceden cosas muy interesantes en el estadio de ingravidez espacial". Pero para la industria estas "cosas que suceden" son, indudablemente, algo más que interesantes: abren un camino totalmente nuevo en las perspectivas de desarrollo y en el aprovechamiento de los recursos de la bóveda celeste.

En las favorables condiciones del espacio las sustancias biológicas pueden ser separadas con mayor facilidad, sugiriendo la elaboración de vacunas más puras y la obtención de fármacos, hasta ahora considerados como "imposibles o milagrosos".

En el espacio los cristales crecen con una mayor uniformidad, y en algunos casos llegan a crecer hasta diez veces más que en la Tierra.

Los primeros vuelos espaciales ya habían demostrado que era técnicamente posible crear nuevos tipos de vidrio, super-aleaciones innumerables y materiales de densidad cambiante, con características nunca antes conocidas en la Tierra. Para un gran número de científicos de todo el mundo, las posibilidades que ofrece en este sentido la utilización del Space Shuttle marca una nueva etapa en la inventiva humana, con una perspectiva que recuerda a las grandes conquistas de la humanidad.

Las virtudes de la microgravedad

Las ventajas de la fabricación de productos en el espacio pueden ser entendidas mejor fijando la atención en las limitaciones que la gravedad impone en nuestro planeta.

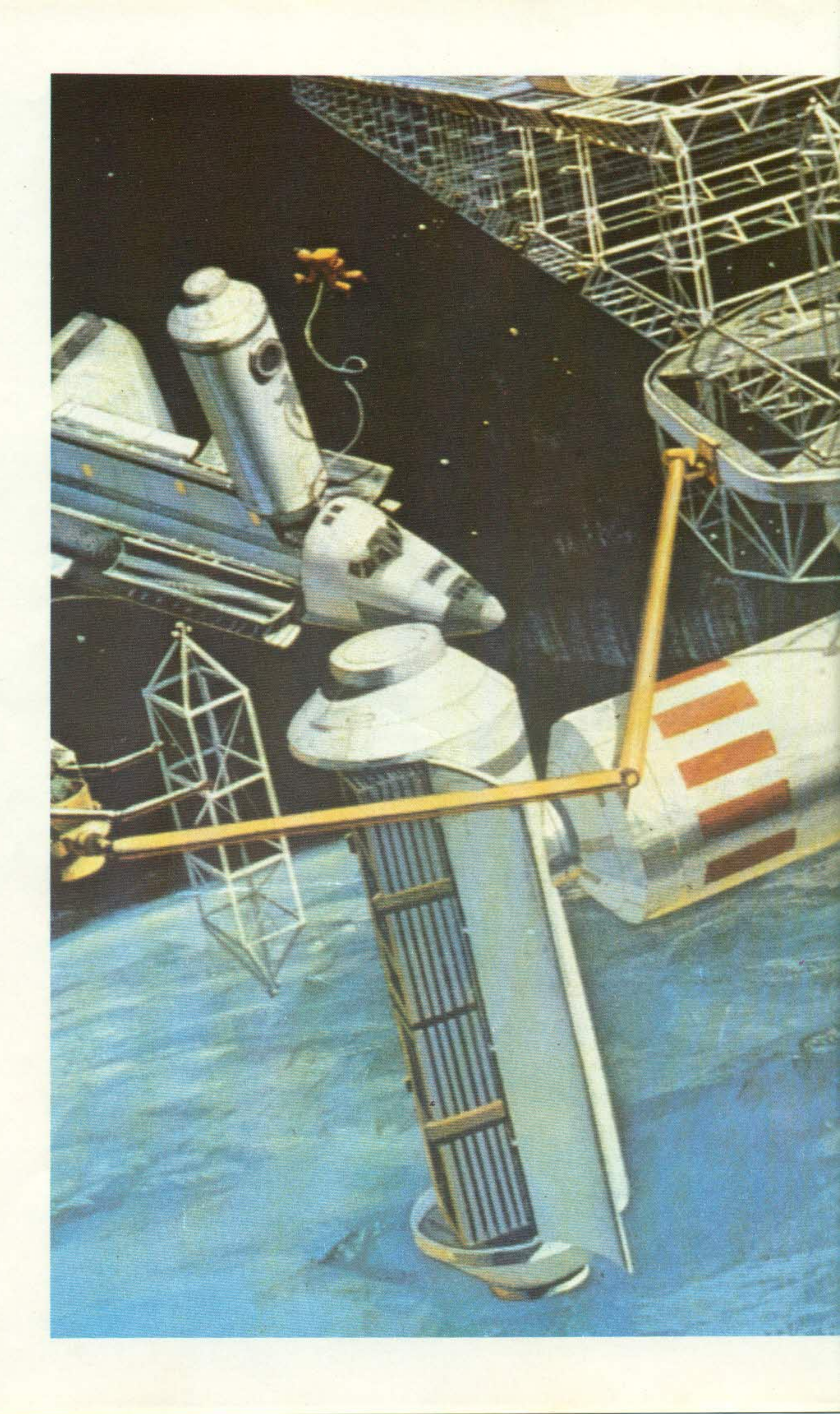
La mayoría de los materiales sólidos pasan por una fase líquida o de mezcla en algún punto de su creación o precesamiento. En el medio de la gravedad terrestre los productos deben ser situados en recipientes, que por lo general son fuentes de contaminación. Pero sobre todo, la gravedad induce una corriente de convección que fluye a lo largo de los gradientes termales o las diferentes temperaturas de los líquidos. La corriente de convección, que es caótica e impredecible deja siempre diferencias inesperadas o indeseables en las estructuras de los materiales sólidos. La convección puede crear zonas suaves y pulposas que evitan una uniformidad ideal. La gravedad también "empuja" a las moléculas, dejando espacios huecos ahí donde se han podido acumular las impurezas. Si el líquido contiene más de un tipo de material, la gravedad tiende a separar estos materiales distintos, con el resultado de una falta de uniformidad final. Estos efectos adversos de la gravedad han condicionado siempre la obra del hombre, desde la creación de la primera figura en bronce hasta nuestros días, y por ello los metales nunca han podido tener en la práctica las propiedades técnicas que la teoría les atribuye.

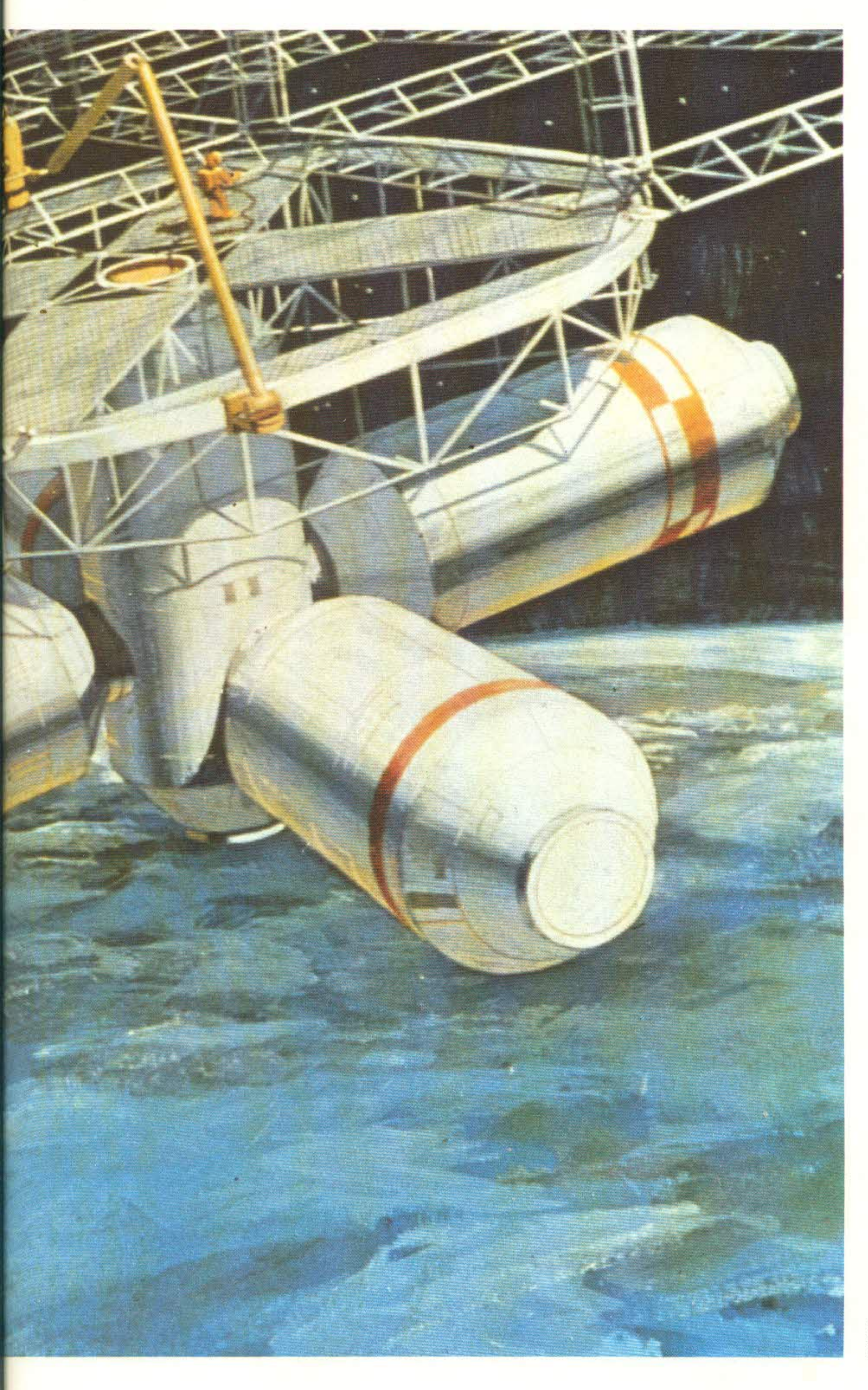
El acero, por ejemplo, podría ser cien o mil veces más fuerte de lo que es en el presente. Los álabes de los motores de aviación se doblegan en la actualidad a temperaturas que podrían superarse sin ninguna dificultad fabricadas con un proceso especial en la ingravidez. Un elevado número de productos que se utilizan actualmente, como los marcapasos y los clavos de las prótesis óseas podrían gozar de una calidad muy superior y de unos precios más reducidos en caso de ser manufacturados en condiciones de ingravidez.

Con la ausencia de peso en el espacio muchos de los problemas de fabricación simplemente, desaparecen. Hablando en sentido estricto no existe la llamada "gravedad cero", pero la ingravidez en naves como la Space Shuttle está muy cerca del ideal. La gravedad ahí es de sólo una millonésima parte de la que existe en nuestro planeta. En el lenguaje espacial, esta "ingravidez" recibe el nombre más apropiado de microgravedad.

Fábricas espaciales

Hasta la fecha se han identificado no menos de 400 aleaciones que, debido a la gravedad, no pueden realizarse o verificarse en la Tierra. Muchas de éstas corresponden a combinaciones metálicas que, al igual que el aceite y el





Impresión artística de un Shuttle aportando componentes a una avanzada estación espacial

agua, no se pueden mezclar en nuestro planeta. Cuando se pueden solidificar en la ingravidez espacial, se mezclan en microescala, dotándose de propiedades mecánicas, eléctricas y magnéticas hasta ahora nunca realizadas.

Con estos "nuevos metales" procedentes de aleaciones llevadas a cabo en el espacio se pueden construir vehículos ligeros y sólidos a la vez, como carros de combate –que no pesarían más que un automóvil común– y muebles metálicos pero de "peso pluma". Otro tema de interés son los metales superconductores, que pueden transmitir energía eléctrica a bajas temperaturas sin virtual pérdida de energía.

En algunas posibles aleaciones, como por ejemplo de cobre y plomo o aluminio y plomo, se podría facilitar la utilización de un material con propiedades autolubricantes, permitiendo a un motor automovilístico extender su vida práctica en 500.000 km. más. La fábrica de automóviles BMW ha mostrado un gran interés en financiar algunos experimentos relacionados con las combinaciones de aluminio y plomo.

Muchos de estos materiales podrían ser producidos de manera única, en un medio tan singular como el del espacio. Este método es posible gracias a que la levitación, "que es un fenómeno mágico en la Tierra", es el modo natural de comportamiento de los objetos en el espacio.

Un gota de un líquido o sólido cualquiera pueden ser situados en la posición deseada con una aplicación mínima de fuerza, en un campo acústico, electromagnético o electroestático.

Dado que las fuerzas de segundo orden, como la tensión superficial, no están presentes en el espacio, una masa de material derretido, fundido, asumirá automáticamente una forma esférica. Posteriormente puede ser modificada



Modelo a tamaño real de un motor de Saturno V.

a la forma deseada, aplicando suaves fuerzas exteriores. Los procesos de fabricación sin recipientes no se ha desarrollado muy a fondo en la Tierra, precisamente por la gran cantidad de fuerzas de contención necesarias. En el espacio, incluso el sonido procedente de un aparato de alta fidelidad podría hacer levitar una gota de acero.

Las operaciones sobre materiales sin tener que depender de los recipientes tradicionales pueden llevar a mejoras sustanciales y avances destacados en las características de estos materiales, como puede ser la microestructura del tungsteno, que tiene un punto de fusión tan elevado (6.170° Farenheit) que está particularmente sujeto a contaminaciones cuando se hace una mezcla.

Las impurezas de las combinaciones han impedido también la manufacturación de un verdadero vidrio óptico puro, y han incrementado los costes de producción de fibras de vidrio de alta calidad, necesarias ahora para las líneas de transmisiones desarrolladas por varias compañías de telecomunicación, y que abarca desde la telefonía hasta la televisión por cable, entre otras muchas aplicaciones.

Los "vidrios del espacio" poseen unas cualidades singulares de refracción y dispersión y ofrecen unas posibilidades ilimitadas en los láseres y en otros sistemas ópticos de gran desarrollo.

Cultivo de cristales

Pero el campo que promete mayores realizaciones a corto plazo es el del llamado "cultivo de cristales". Los cristales son, actualmente la suma y sustancia de la moderna electrónica y del desarrollo de la electro-óptica.

En la electrónica la principal virtud de un cristal es la habilidad para transmitir electrones bajo condiciones precisas, definidas y controladas. En las aplicaciones ópticas, los cristales ofrecen una mejor transparencia, muy superior al más refinado de los vidrios.

El cultivo de cristales en la Tierra es, actualmente, más que una ciencia exacta, casi un arte. Los especialistas que hacen crecer los cristales que se utilizan para hacer los chips semiconductores realizan un trabajo delicado. Aunque los cristales no son seres vivientes, crecen de una forma similar a las plantas. Los cristales "exigen" su nutrición y "van" en busca de su fuente de alimentación. Un cristal en crecimiento toma una serie de elementos para desarrollarse y se nutre también de impurezas. Todas las llamadas "impurezas importantes" que imparten las deseadas propiedades electrónicas a un cristal semiconductor son difíciles de distribuir, debido a las corrientes de convección inducidas por la gravedad. Consecuentemente, el rendimiento de los cristales es bajo.

Una buena prueba de lo que se puede lograr en el espacio lo constituyó un experimento realizado en el Skylab, donde se logró producir una importante muestra de cristal de "indium-antimonio". En el experimento, dirigido por el Instituto Tecnológico de Massachusetts se comprobó que la conductividad del cristal estaba equilibrada y las propiedades eléctricas eran constantes. En un cristal similar, desarrollado en la Tierra, estas propiedades variaron constantemente. Por otra parte, en el vuelo Apolo-Soyuz se hizo crecer un cristal de germanio, de características casi perfectas. Aunque los primeros experimentos fueron basados en criterios de necesidades primarias, los resultados llegaron más allá de las expectativas iniciales.

Para la industria, la respuesta de estas experiencias es muy estimulante, y las metas son muy claras y objetivas: incrementar considerablemente la calidad de los productos, generar nuevas aplicaciones y combinar estos elementos en nuevas inversiones de alta rentabilidad. La reducción de los costes de fabricación en el espacio implicará una gran reducción en los precios finales de gran número de productos y componentes.

Medicinas cósmicas

El espacio ofrece grandes posibilidades para el desarrollo de la biología y la medicina. La microgravedad permitirá al hombre mejorar su habilidad para separar tipos específicos de células, componentes celulares con sus productos y derivados, así como proteínas de elevada calidad. Las vacunas alcanzarán una pureza que es imposible de obtener en nuestro globo terráqueo, donde tampoco pueden ser sintetizados o separados cientos de productos biológicos.

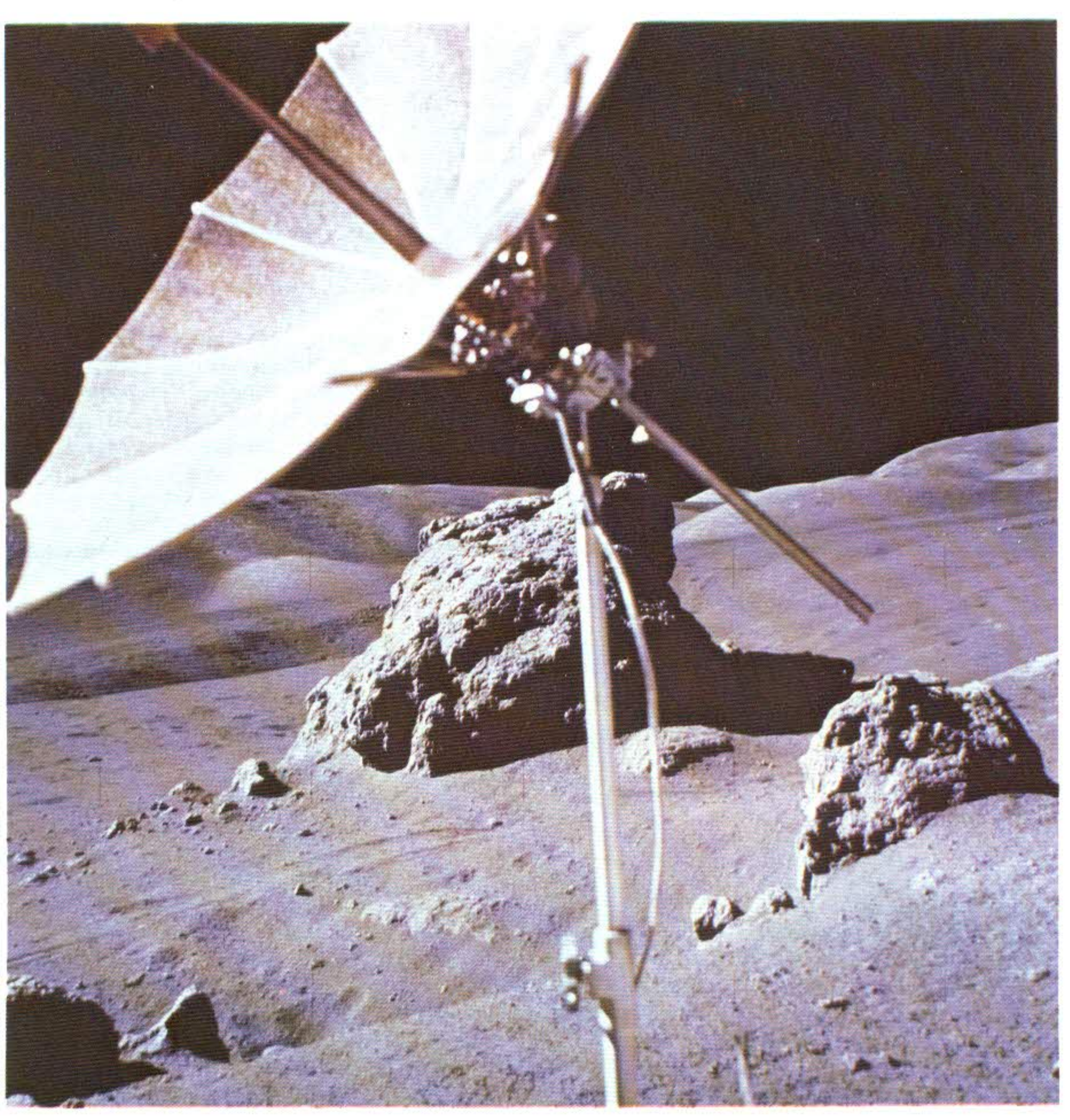
La causa de las limitaciones que animan estas investigaciones espaciales es, nuevamente, el principio de gravedad, en el que las corrientes de convección producen mezclas irregulares e impredecibles.

Muchos de los productos que se pretenden sintetizar en la microgravedad celeste son sustancias que el propio cuerpo humano elabora y utiliza, en una compleja suma con muchos ingredientes.

La urokinasa, por ejemplo, es una elemento biológico de gran importancia, ya que activa una enzima que disuelve coágulos de sangre. Pero la urokinasa es elaborada sólo por el cinco por ciento de todas las células del riñon, con lo cual, en el caso de producirse una carencia de la misma obliga al empleo de elementos artificiales muy caros y complejos.

En un trabajo especial que se llevará a cabo en el Space Shuttle se intentará separar estas células singulares y prepararlas para lograr un cultivo posterior en nuestro planeta, logrando con ello fabricar un producto biológico "natural" que beneficiaría a miles de enfermos, y claro está, a las industrias farmacéuticas que invierten en el proyecto.

En el vuelo Apolo-Soyuz se realizó un experimento previo y se consiguió producir una cantidad de urokinasa siete veces superior a la media normal. Sin embargo, por alguna razón —no descrita— no se logró que las células siguieran elaborando más urokinasa una vez tras-



Apollo XII. Antena de alta definición vista desde el asentamiento del vehículo de Cernan.

ladadas a la Tierra. En las próximas experiencias los científicos esperan que los resultados sean óptimos y que a corto plazo pueda establecerse una auténtica "cadena de producción" en el espacio.

Por otro lado muchas hormonas y sustancias que se producen en el cuerpo humano en cantidades muy pequeñas –como agentes antivíricos, el interferon y las endorfinas– podrían ser purificados y reprocesados en condiciones óptimas y eficaces.

Otra meta importantes en el campo médico espacial lo constituyen las investigaciones sobre la eritropoyetina, una hormona del riñón que estimula las células de la médula ósea para producir glóbulos rojos. Hasta la fecha no se ha logrado extraer eritropoyetina en la Tierra, por lo que el horizonte científico puede obtener un triunfo sin precedentes, con la "ayuda" del espacio.

En la microgravedad espacial los científicos pretenden obtener una considerable cantidad de drogas extraídas de los propios glóbulos blancos, drogas que podrían contribuir de forma decisiva al fortalecimiento del sistema inmunológico, a la lucha contra el cáncer y muchas otras enfermedades de difícil y costoso tratamiento.

Pureza galáctica

Si la ventaja más grande del desarrollo industrial en el espacio es la ausencia de gravedad, otra de las ventajas fundamentales es la pureza y delicadeza de la atmósfera, 200 millas más allá de nuestro planeta, donde se encuentra la camara de vacío más cercana a nosotros.

Sin embargo, el espacio alrededor de una gran nave sideral no es todo lo limpio e higienizado que desearían los investigadores. Las huellas y acumulaciones de gases de los cohetes de las naves y los residuos de la llamada "basura espacial" atentan contra un medio totalmente impoluto. De ahí que la NASA haya encargado el estudio de la posible construcción de un "envase aéreo" que pueda ser utilizado por el Space Shuttle para provocar un vacío perfecto. Por otra parte, existe el firme compromiso de controlar al máximo los riesgos de "inundar" el espacio próximo con desechos

procedentes de los experimentos, aunque los controles actuales sean de casi imposible verificación.

Las maravillas de la nueva era industrial ya no son patrimonio de los novelistas y escritores de ciencia-ficción, pero los asombrosos proyectos descritos sólo constituyen una pequeña muestra de lo que será la industria en el espacio y que serán realizados a lo largo de las próximas décadas. La inversión de billones de dólares tiene como última meta el beneficio de las grandes empresas, y claro, también del ser humano, por lo que se darán prioridades a aquellos proyectos que permitan una rentabilidad segura, que, por lo demás goza de muchas garantías. Veinte años antes de llegar al siglo XXI se anuncia ya la revolución industrial del espacio.

Armas en el espacio

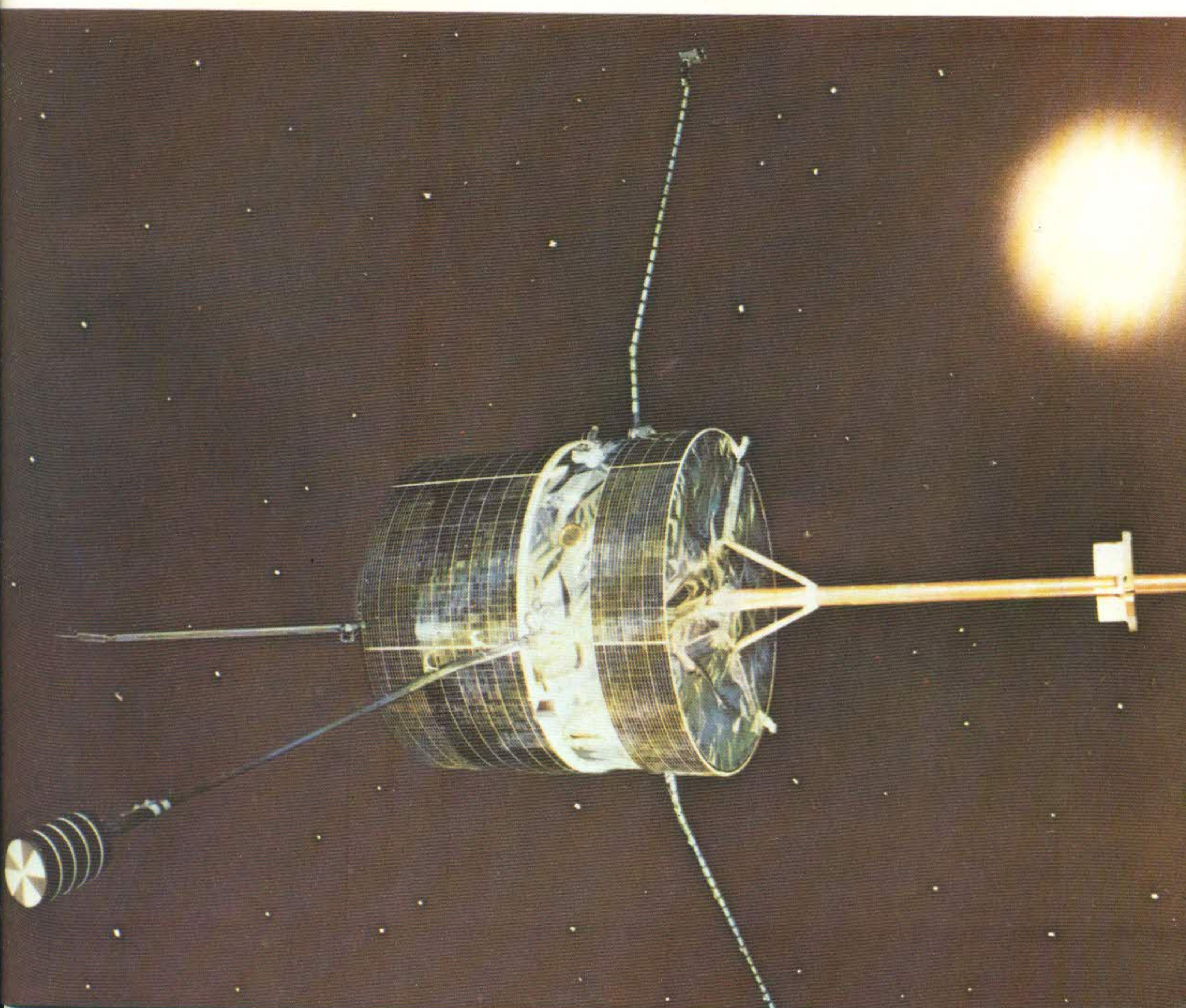
El dominio del espacio para fines militares ha sido siempre una tentación para las grandes potencias. Los novelistas y narradores de ciencia-ficción han inundado con sus obras los kioskos y librerías de todo el planeta, pero ahora, la fantasía deja paso a la realidad, aunque no a la descrita en "La Guerra de las Galaxias", sino a una dimensión objetiva y que se desarrolla en nuestro espacio inmediato.

El proyecto del Space Shuttle nació de la colaboración civil y militar. Desde sus inicios se estableció que los Space Shuttles cumplirían, también misiones de carácter militar, aunque no necesariamente en operaciones bélicas.

De los cuarenta vuelos de Shuttle previstos para 1985, una tercera parte tendrán que cumplir misiones específicamente militares.

El Pentágono está decidido a no ser un mero espectador en esta nueva fase de la conquista del espacio y para ello tiene previsto controlar lanzamientos y aterrizajes directamente desde la base de Vandenberg en California. Desde la base de Vandenberg los satélites pueden alcanzar una órbita polar, que es una situación ideal para realizar tareas de espionaje celeste y cubrir la mayor parte del planeta. Pero éste es sólo uno de los ejemplos, y en reali-

Satélite artificial de la serie Pionneer para estudio del viento solar.



dad no es nada reciente el interés de las Fuerzas Armadas por el espacio.

Cientos de satélites de comunicaciones y vigilancia han sido lanzados y contribuyen decisivamente en el trabajo diario de las Fuerzas Armadas, en misiones de diverso alcance, desde el control de misiles hasta la ayuda a los submarinos.

Soviéticos y norteamericanos vienen trabajando en el espacio, con fines militares, desde hace casi un cuarto de siglo.

Las ventajas del Space Shuttle permiten ahora lograr el transporte al espacio de materiales más sofisticados y de mayores dimensiones, además de abaratar los costes de lanzamiento.

Por otra parte se ha estudiado la necesidad de que viajen en el propio Space Shuttle expertos militares y ténicos cualificados especialmente para situar los satélites y las armas en posiciones ideales, así como para controlar la operatividad de los objetos espaciales.

En los próximos años se desarrollarán nuevas armas y sistemas defensivos. Para 1983 se espera poder llevar un sensor, actualmente en fase experimental, que recibe el nombre de "Teal Ruby" y que ha sido programado para captar la radiación infrarroja emitida por bombarderos estratégicos, así como para detectar satélites que se hallan disfrazados como "basura espacial".

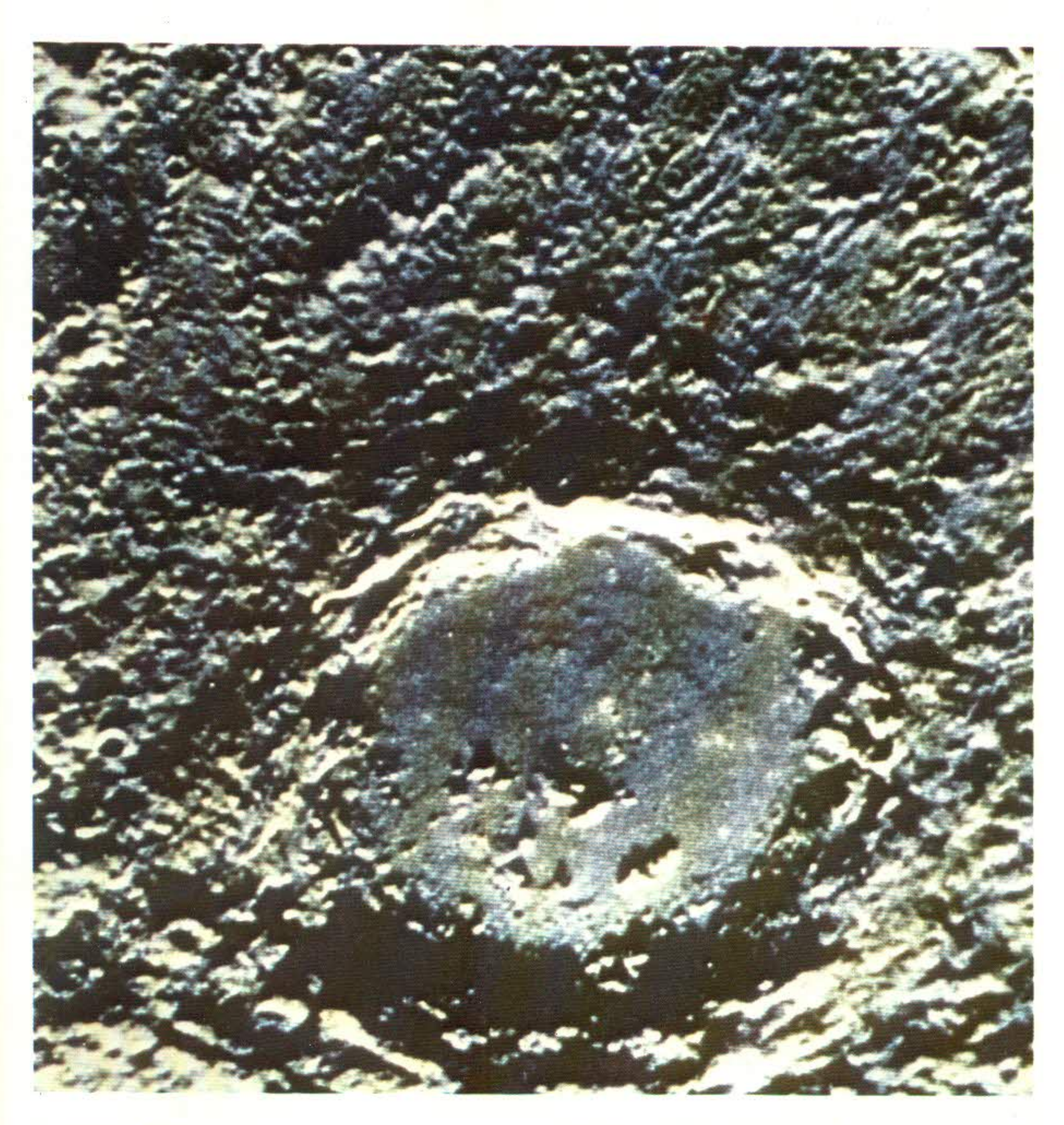
Posteriormente se espera poder probar un nuevo sistema de armas, basadas en los rayos láser. Los especialistas aseguran que a fines de la presente década las armas de láser en órbita formarán parte del arsenal "convencional" de los Estados Unidos.

Para comprobar las grandes posibilidades de la instalación de armas en el espacio, la Marina norteamericana realizó en 1978 una demostración singular: cuatro misiles contracarro fueron destruídos desde el cielo por la acción de un rayo láser.

Esta experiencia se realizó en California y logró convencer a muchos excépticos de la viabilidad de este nuevo tipo de arma. Sin embargo estos instrumentos bélicos no serían siempre efectivos, ya que no tendrían ninguna incidencia en los misiles cruceros volando a baja cota.



Satélite de comunicaciones Thor-Delta.



Fotografía cercana de un cráter de Mercurio, tomada por el Mariner en 1974.

Satélites bélicos

Otra de las sorprendentes armas espaciales son los satélites "cazadores y asesinos", producidos para destruir satélites enemigos en una sencilla operación de aproximación y contacto, tras la cual estallan los dos satélites. A este tipo de arma se le ha dado en llamar el "satélite kamikaze". Norteamericanos y soviéticos lo han venido experimentando en los últimos diez años.

El Pentágono ha diseñado varios prototipos de satélites preparados para "ocultarse" de los satélites asesinos, así como satélites "inactivos", que inician sus funciones cuando un satélite gemelo es destruído.

Una de las técnicas que se están utilizando actualmente para rehuir el ataque de un satélite consiste en cubrir el objeto espacial con espejos o envolturas de altas temperaturas para reflejar o absorber el rayo destructor.

El Pentágono está desarrollando también un nuevo tipo de satélite cazador que sería lanzado al espacio desde un avión supersónico convencional, dirigiéndose a su objetivo con detectores infra-rojos para proceder a su destrucción.

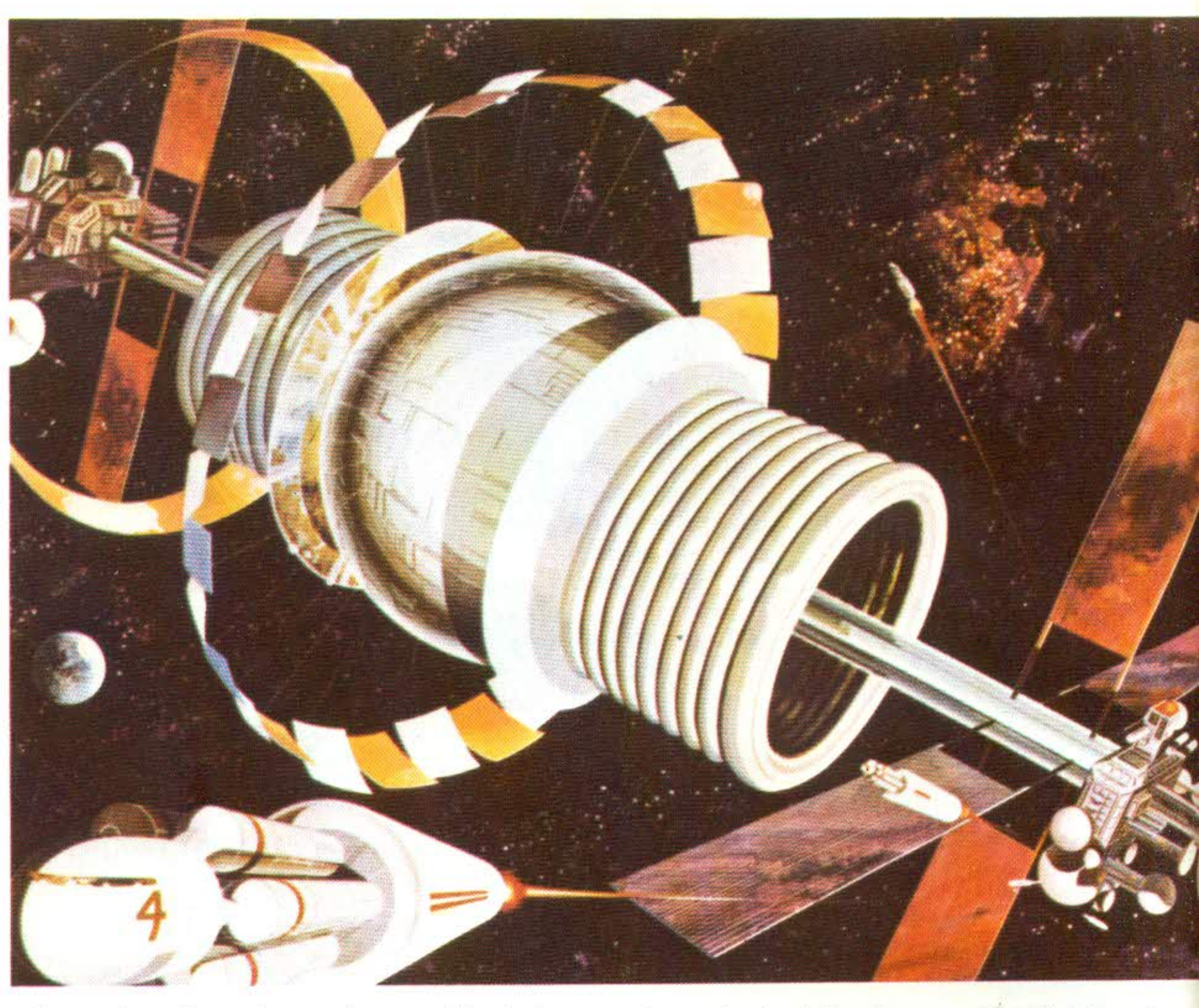
Si bien el Space Shuttle no ha sido diseñado para participar directamente en una hipotética guerra espacial, el papel que le corresponde como cultivador de satélites y base de control militar espacial, será, es ya, crucial.

Y aunque el mundo descrito en la ficción se encuentre muy lejano de las imágenes contemporáneas, ya se puede afirmar que en la galaxia de la Vía Láctea se utilizan armas de guerra.

Más allá de las estrellas

Empleando un conjunto sorprendente de nuevos instrumentos, los astrónomos han descubierto múltiples objetos extraños en el universo. Al gran impulso en el desarrollo de la Astronomía se ha sumado ahora el de una nueva ciencia, la Cosmología, que estudia el origen, la historia y el destino del universo.

En las señales electrónicas de los radiotelescopios, en las fotografías obtenidas de los



Impresión artística de un habitat espacial para 10.000 personas, como se supone existirá en el siglo XXI.

más grandes telescopios, en la recepción de los datos enviados por los satélites y las naves espaciales, los astrónomos han descubierto cuerpos cósmicos cuyas propiedades son verdaderamente asombrosas.

Simas negras o "agujeros negros", objetos densos e invisibles debido a que su campo gravitacional es tan fuerte que ni siquiera la luz puede escapar a su fuerza de arrastre. Los pulsares, estrellas apagadas y encogidas, tan densas que 16 centímetros cúbicos pesan mil millones de toneladas, girando a una velocidad increíble.

Nubes de gas y de polvo, donde nacen las estrellas; primitivas moléculas de vida que flotan en la oscuridad del espacio interestelar, galaxias formadas por millones de estrellas. Los cuásares o quasars, cuerpos cuasiestelares que son objetos similares a las estrellas, más brillantes que 1.000 millones de soles, más lejanas que cualquier otro objeto, cuya energía sigue siendo un misterio en nuestros días.

El límite del universo

El descubrimiento de los cuásares ha llevado a los científicos a la dramática pregunta sobre los límites del universo. Al estudiar la luz visible y las ondas de radio emitidas por los cuásares, los astrónomos de los Observatorios Hale de California llegaron a la conclusión de que se había alcanzado un "límite" en un punto determinado del universo más allá del cual no hay nada visible.

Los astrónomos han conseguido una comprensión más nueva y precisa sobre los orígenes del universo, de su evolución desde el principio (quizá hace 13.000 millones de años) y de su presente estado.

Ahora se puede comprender mejor cómo nacen, evolucionan y mueren las estrellas, y cómo se conforman las galaxias.

Los modernos adelantos de la electrónica y el desarrollo de los viajes espaciales han marcado la pauta fundamental para haber alcanzado este destacado avance en la investigación sobre el universo.

Galileo hubiera disfrutado, a buen seguro, de todas las maravillas científicas que están hoy a disposición de los científicos.

Hasta hace muy poco los astrónomos tenían que limitarse a mirar a través de unos telescopios la luz que emitían las estrellas; pero la luz visible es sólo una pequeña parte de todo el espectro electromagnético, que va desde los ultrapotentes rayos gamma a las ondas de radio. Los astrónomos sospechaban que los cuerpos cósmicos podían emitir estas formas de radiación, pero hacían falta los instrumentos necesarios para poder demostrar las teorías.

Carl Jansky, ingeniero de los laboratorios Bell se hallaba, un día singular de 1931, escuchando una emisión de radio cuando observó que su aparato estaba captando señales de al-

guna fuente que no era terrestre. Gracias a una antena y un "antiguo" radio nacería la ciencia de la radioastronomía, es decir, el estudio de las ondas de radio de los cuerpos cósmicos. Sin embargo la radioastronomía no empezó a desarrollarse hasta después de transcurrida la Segunda Guerra Mundial.

En nuestros días, la Tierra, está poblada por antenas gigantescas que captan y analizan las ondas de radio del cosmos.

El descubrimiento de la radioastronomía significó un gran paso en el conocimiento del orden del universo, y del espacio inmediato a nuestro planeta, pero los astrónomos seguían desconociendo la forma de captar las radiaciones que absorbe la atmósfera terrestre, los rayos X, ultravioleta, infrarrojos y otros muchos. Con la llegada de la era espacial y el establecimiento de satélites estacionarios se iniciaron las pruebas de captación de radiaciones espaciales. Hoy existen en el espacio decenas de satélites dedicados única y exclusivamente a esta función.

La expansión perpetua

El astrónomo norteamericano Edwin P. Hubble descubrió, hace casi medio siglo, que la luz de casi todas las estrellas y galaxias que estudiaba se ensanchaba y que esta expansión era directamente proporcional a la distancia de un objeto de la Tierra. La explicación de Hubble era sencilla: estos objetos se separaban rápidamente de la Tierra y por tanto las ondas de luz se estiraban igual que las ondas de sonido de una locomotora que se aleja del que escucha.

El descubrimiento de Hubble pintaba un universo que se expandía, como un globo que se infla. En 1927 el científico belga Georges Lamaitre expuso una teoría sobre esta expansión: en el pasado lejano toda la masa del universo se había encontrado comprimida formando una masa gigantesca, un "superátomo". Este superátomo explotó después enviando la materia a que fluyera en todas direcciones. En el transcurso del "tiempo" remolinos de materia se habían concentrado formando galaxias, estrellas y planetas como la Tierra. Y mientras sucedía todo lo anterior, la expansión del universo producida por la explosión original –llamada el "gran trueno"– había proseguido.

En 1948 Hermann Bondi y Thomas Gold, científicos británicos postularon que el universo no se había creado en un sólo momento, sino que la expansión era constante y que regularmente nacía materia nueva para sustituir a las galaxias que desaparecían velozmente en el infinito. Más tarde, en 1965 dos astrónomos de la Universidad de Princeton, Robert Dicke y P. J. Peables, propusieron una nueva teoría: si realmente se había producido el "gran trueno", la "gran explosión" todavía debería haber residuos de radiaciones esparcidas por el universo. Rápidamente los radioastrónomos de los Laboratorios Bell encontraron en esta hipótesis una explicación para las débiles radiaciones de fondo que captaban con su antena gigante de radio.

A pesar de las polémicas, hoy la gran mayoría de científicos acepta la teoría de la gran



Fotografía lunar tomada por telescopio.

explosión, sin que ello implique que actualmente el universo no se halle en expansión.

La pregunta obligada que se formulan los científicos es: "¿cuál será el destino final del universo?". Existen dos posibilidades: una es que el universo siga expandiéndose siempre, con sus galaxias cada vez más distantes entre sí, hasta que desaparezcan en el infinito. Y la otra alternativa recoge la teoría de que la expansión universal podría disminuir gradualmente y después parar y convertirse en una contracción, con lo que nuestro universo se destruiría, transformándose en un nuevo superátomo. Aunque estas dos posibilidades –que felizmente tardarán en realizarse decenas de miles de años– parecen casi metafísicas, los cosmólogos dicen que el resultado lo decidirá un hecho muy sólido, como lo es la cantidad de masa existente en el universo. Por debajo de una cierta cantidad no habrá suficiente fuerza gravitacional que impida la expansión eterna; si hay una cantidad mayor de la determinada, entonces con el tiempo el universo se contraerá y encogerá. Ahora el reto para varios grupos de astrónomos está en poder medir la masa del universo.

Agujeros negros y "Pulsars"

Albert Einstein había formulado como parte de su teoría de la relatividad una formulación que afirmaba que la luz podía ser afectada por la gravedad y que, por tanto, un objeto que se contrajera hasta alcanzar una determinada densidad podría ejercer una tracción tal sobre la luz que no escaparía ni la más mínima porción de ésta, con lo cual un objeto así sería invisible.

En 1970 dos astrónomos norteamericanos, Wheeler y Ruffini, publicaron un trabajo en el que desarrollaban un trabajo sobre las simas u hoyos negros en el que afirmaban que estos agujeros negros podían ser objetos bastante frecuentes en el universo, ya que los ciclos de vida de muchas estrellas pueden terminar en la creación de simas negras como último paso de contracción estelar. Las teorías del británico Stephen Hawking especialistas en los agujeros negros, se han visto reforzadas y se considera que en el universo existen posiblemente cientos de miles de hoyos negros, regiones invisibles, dotadas de masas ultradensas y que tienen la propiedad de atraer cualquier materia circundante hasta absorberla gracias a poderosas fuerzas gravitacionales.

Los astrónomos han calculado que el fin de las estrellas se producirá después de haber agotado éstas su combustible y la energía desprendida ya no pueda contrarrestar la tracción interna de la gravedad. Las estrellas se despedazarán con una explosión espectacular, formando "supernovas" que serían visibles durante algún tiempo en gran parte de nuestra galaxia e incluso más allá de la misma.

Posteriormente se condensarían los fragmentos para formar un cuerpo supermasivo llamado estrella neutrónica.

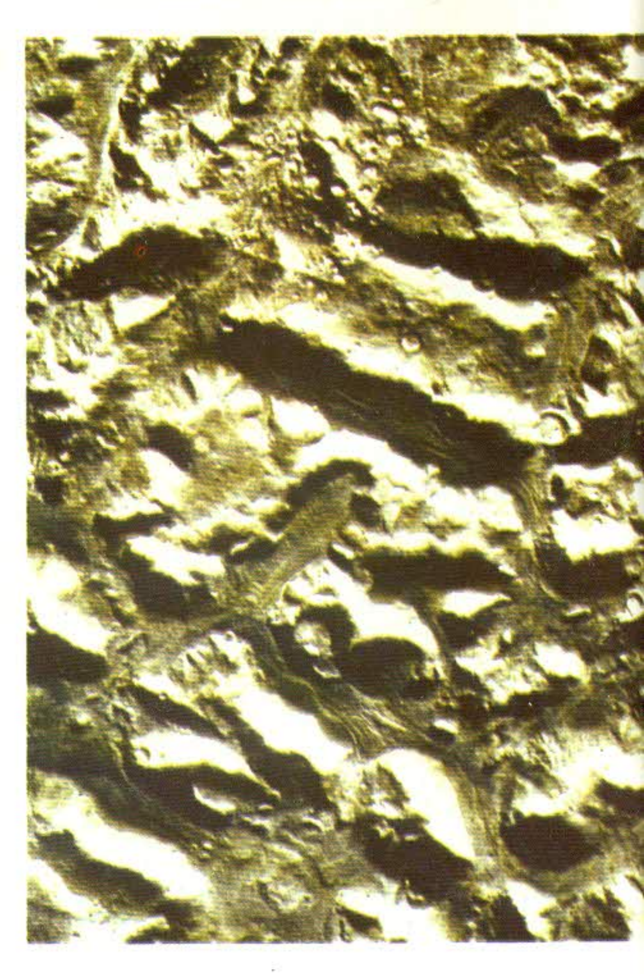
La existencia de las estrellas neutrónicas fue hipotética hasta 1968, fecha en la que los astrónomos británicos detectaron en el espacio explosiones de energía, intensas y sorprendentemente regulares. Estas explosiones estaban reguladas con tal exactitud que algunas personas llegaron a pensar que procedían de otra civilización. Pero aunque las ondas de radio del espacio eran tan regulares que se hubieran podido usar como reloj, con la exactitud de una parte en 100 millones, los astrónomos en seguida calcularon que la fuente de las pulsaciones de la radio era una estrella neutrónica. Después se comprobó que existen decenas de estas estrellas neutrónicas o "pulsares", como también se las denominó.

El descubrimiento de los pulsares condujo a la teoría final de los agujeros negros.

"Cygnus X-1"

La intención y el gran reto para los astrónomos es descubrir ahora un agujero negro. Y esta búsqueda de lo invisible puede tener éxito.

Algunos astrónomos han logrado identificar como el primer hoyo negro conocido a un sistema de dos estrellas llamado Cygnus X-1, que consiste en una fuente de rayos X y otra fuente de ondas de radio. A pesar del escepticismo de algunos científicos se espera poder identificar más agujeros negros en los próximos años y conocer en mayor profundidad la naturaleza del universo. En esta misma línea se encuentran las investigaciones sobre los cuá-



Valles glaciales, compuestos de hielo y rocas, en la superficie de Marte.



sares o quásars, estrellas de características especiales que son realmente masas de energía equivalentes a la de diez millones de soles y que han sido captadas por radio, hasta descubrir a cerca de 200. Los cuásars se alejan de la Tierra a una gran fracción de la velocidad de la luz, que es la velocidad máxima del universo, y su distancia actual de nuestro planeta sería quizás de 12 mil millones de años luz, es decir, la distancia que recorrería la luz en 12 mil millones de años a su velocidad de 300.000 kilómetros por segundo.

Y más allá de los cuásares no existiría nada. Sólo el extremo, el límite del universo. En la actualidad la mayoría de astrónomos supone que los cuásares representan una etapa temprana en la historia del desarrollo de las galaxias, etapa en la que enormes cantidades de energía brotaban de los centros tumultuosos de las galaxias primitivas.

Contacto interestelar

Todos estos descubrimientos e investigaciones que se realizan con científica paciencia cada día conducen también al interés del hombre por descubrir y explorar la existencia de vida más allá del sistema solar. Con la actual tecnología de radio se pueden establecer ya comunicaciones interestelares. Si se toma el mayor radiotelescopio del mundo y se le pone en comunicación radial con otro telescopio parecido en las profundidades del espacio podrían comunicarse entre sí y se podrían oir y comunicar a decenas de millares de años luz, por muy separados que estuvieran, en cualquier lugar de la Vía Láctea.

Hasta la fecha sólo se han podido escuchar unos pocos cientos de estrellas, lo que equivale a una prospección muy elemental todavía. En la Vía Láctea hay 250.000 millones de estrellas.

Hercules es un agrupamiento globular de unas 100.000 estrellas. Las nuevas sondas espaciales permiten "acercarse" a estas formaciones astrales y comprender su origen y formación.

Para la exploración interestelar no hará falta viajar a la velocidad de la luz, pero sí aproximarse a ella. Naturalmente la civilización actual no podrá desarrollar los ingenios necesarios para emprender una obra de esta envergadura, pero en los cincuenta o cien próximos años las experiencias actuales habrán permitido estar en la posibilidad de desarrollar velocidades cercanas a la de la luz.

La teoría especial de la relatividad, de Einstein, que ha sido abundantemente comprobada por la experimentación da base a los físicos para negar que un objeto material pueda correr a la velocidad de la luz. Pero dentro de la propia teoría de Einstein se halla la clave de la respuesta: en la teoría de la relatividad se plantea que el tiempo transcurre más lentamente en un objeto que se mueve a gran velocidad, como es el caso de una nave espacial, en comparación con la Tierra.

Con una aceleración de una g (unidad igual a la aceleración de la gravedad, a la cual estamos acostumbrados en la Tierra) hasta la mitad del viaje, y después con una retardación de una g, se podría viajar a cualquier parte de la galaxia en el lapso de una vida. Y en la misma hipótesis habría que decir que si el universo es cerrado se podría circunnavegarlo durante una vida y volver a la Tierra 10.000 millones de años después, en tiempo terrestre.

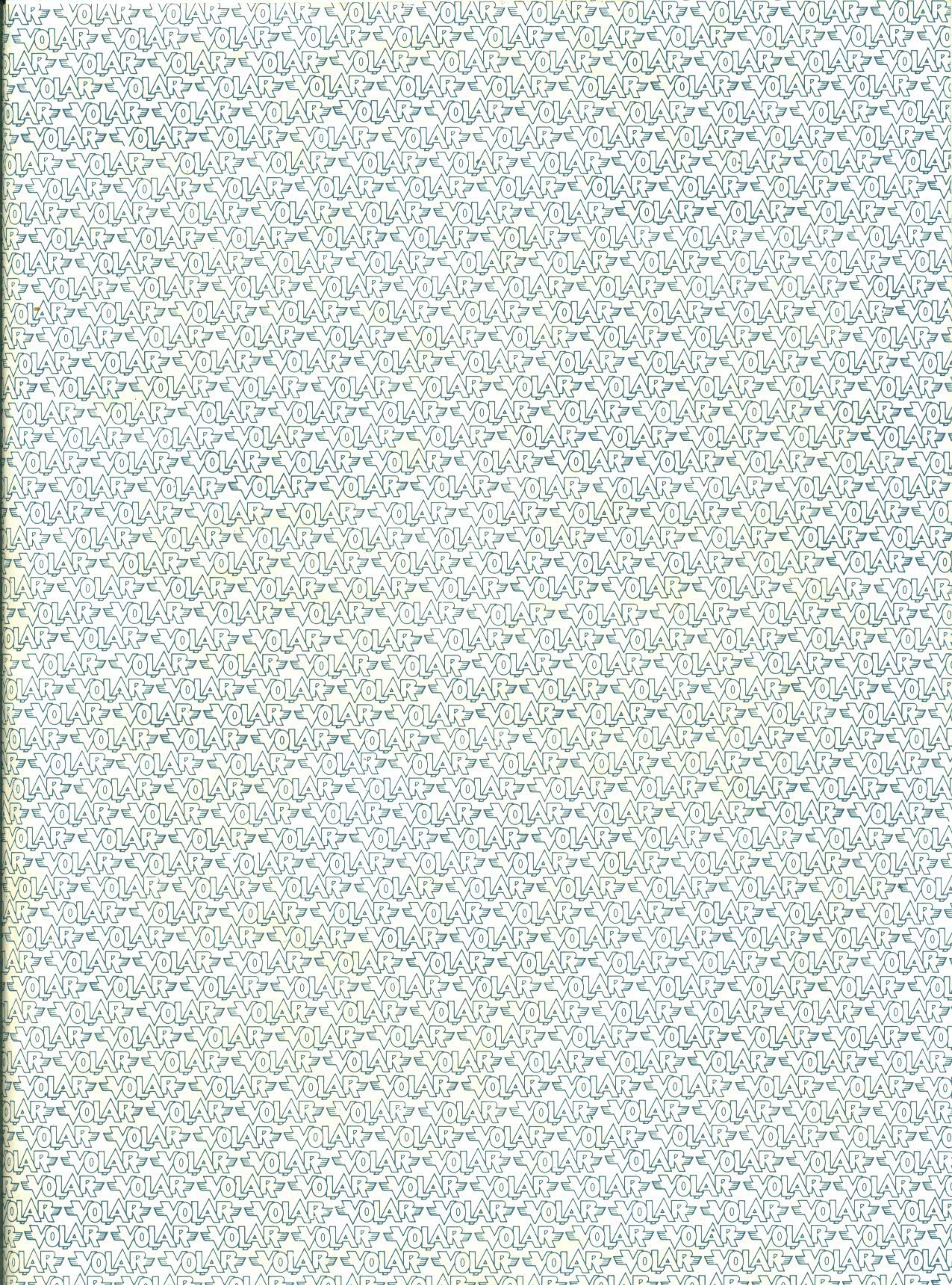
Las relaciones entre la astronomía, la cosmología y los viajes espaciales se articulan como los dedos de una mano. Cada vez es mayor el nivel de actuación conjunta y el aprovechamiento integral de las investigaciones desde la Tierra y hacia el espacio.

La necesidad de conocer los misterios del universo no implica una tarea que haga huir al científico de la realidad de su planeta, antes al contrario: las investigaciones han redundado en beneficios muy elevados para el conocimiento de la propia realidad de nuestro planeta y para el aprovechamiento de sus recursos.

El futuro, nuestro pasado, los límites del universo, serán parte de cada viaje espacial, así como cada señal captada en el radiotelescopio más sofisticado nos acercará más al origen de nuestra existencia.

En setiembre de 1974, el Mariner tomó cientos de fotografías similares a ésta sobre la tortuosa superficie de Mercurio.




VOLAR